

关于技术服务外协事项的补充说明

一、项目外协需求说明

我课题组目前承担的青年千人项目中，其核心研究内容涉及内流边界层的湍流机理与特性分析。该研究需要获取宽雷诺数范围内、高精度、高可靠性的内流边界层直接数值模拟（DNS）数据，用于验证理论模型、揭示流动本质并支撑后续研究。

由于内流边界层直接数值模拟对算法的稳定性、网格生成技术、边界条件处理及计算效率要求极高，且需要在大范围雷诺数下进行系统性计算，课题组面临以下主要困难：

1. 技术门槛高：内流边界层存在复杂的壁面效应和可能发生的分离现象，对数值方法的鲁棒性和收敛性提出了极致要求，自行开发与优化此类专用程序耗时漫长且技术风险高。

2. 计算资源与时间限制：系统性的大规模 DNS 计算需要消耗巨大的计算时长和计算资源，课题组现有资源难以在项目周期内独立完成全部计算任务。

3. 人力与专业方向限制：课题组研究人员主要专注于流动物理分析和理论建模，在高性能计算程序开发、底层算法优化（特别是针对复杂边界层问题）方面力量相对薄弱。

因此，课题组决定将内流边界层直接数值模拟程序的关键技术开发与系统性计算任务向具备相应能力的外单位寻求外协合作，具体需求包括：

1. 开发与优化 DNS 程序：基于有限差分法，编写能够高效、稳定模拟内流边界层的纳维-斯托克斯方程求解器，重点优化其在宽雷诺数范围内的收敛性和鲁棒性。

2. 生成高保真模拟数据库：利用优化后的程序，在甲方指定的工况参数（雷诺数、来流条件、几何配置等）下，进行大规模直接数值模拟，生成完整、可靠的流场数据。

3. 提供技术支撑与报告：提供程序使用说明、技术实施方案报告及初步的数据分析总结，确保课题组能够有效利用所产生的数据和程序成果。

二、选择北京航空航天大学陈曦教授课题组的理由

经多方调研与综合评估，课题组最终选择与北京航空航天大学陈曦教授团队合作，主要基于以下考虑：

1. 专业对口与技术积累：北航在流体力学、计算数学、高性能计算等领域具有深厚的研究基础和工程实践经验。陈曦老师团队长期从事直接数值模拟程序的开发与优化工作，尤其在湍流模拟、有限差分法、并行计算等方面具有显著优势，例如，该课题组近期发表的热对流边界层的数值模拟达到了参数空间的世界纪录，其技术背景与本项目需求高度匹配。

2. 已有合作基础与信任关系：课题组与陈曦老师团队在前期已有广泛的技术交流与合作，对方对项目背景和目标理解深入，响应迅速，沟通顺畅，具备良好的合作基础与信任关系。

3. 高校间合作便于知识产权管理：相较于商业公司，高校之间的合作更有利于知识产权的清晰界定与后续成果的学术共享，符合课题组开放协作、共建共享的科研理念。

4. 成本效益与合规性：北航提供的技术服务报价合理，符合科研经费使用规定，且其作为公立高校，财务流程规范，便于后续经费报销与审计合规。

5. 地理位置与沟通便利：北航与北大的主校区同处海淀区，便于双方项目负责人面对面交流、协同调试与问题排查，显著提高合作效率。

综上，选择北京航空航天大学作为本项目的外协单位，是基于其技术实力、合作基础、单位性质与地理位置等多方面因素的综合考量，符合课题组的科研需求与项目管理要求。

项目负责人： 谢金翰



2025年9月19日