附件

2020年度湖北省自然科学奖提名公示信息

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 复杂边界多相湍流数值模拟理论及应用 |
| 提名单位 | 武汉大学 |
| 提名意见 | （不超过600字，如实对科学发现点的原创性、科学价值、国内外自然科学界公认度以及推动学科发展的作用进行概述）本项目面向复杂边界湍流数值模拟理论和方法的国际前沿与数值模拟精细化程度日益提高的重大需求，围绕环境水动力学、水工水力学和水力机械水动力学中复杂边界非恒定湍流数值模拟理论、数值模拟方法及其应用开展了深入研究。1. 发现了偏置射流的Conada效应，构建了壁射流与偏置射流的大涡模拟模型，解决了强紊动流场难以识别两类射流混合点的难题，形成偏置射流近区稀释理论；2.首次提出台阶溢流坝水流掺气点确定方法，形成台阶溢流坝消能理论；3. 针对Clark-Y型水翼空化，首次提出基于湍流URANS模拟的验证和确认（V&V）的安全系数法，突破了空化湍流模拟质量难以提高的瓶颈；4. 构建了考虑空化区域强可压的非线性湍流模型，揭示了云空化脱落机理及时空演变特性，形成翼型空化模拟理论。取得的系列原创性成果，得到美国纽约科学院院士Chanson教授、加拿大工程院院士David Zhu教授、印度科学院与工程院院士V. Ranade教授等的高度肯定与评价，有力支撑了水资源与水电工程科学国家重点实验室的建设，促进了水利水电工程学科跨越式发展。对照自然科学奖授奖条件，决定提名该项目为2020年度湖北省自然科学奖一等奖。 |
| 项目简介 | 该项目属于水利工程(570)领域。2005年《Science》列出的125个重要科学问题中唯一与水力学直接相关的是“能否发展关于湍流动力学和颗粒材料运动学的综合理论”，复杂边界多相湍流数值模拟理论及应用作为这类重要科学问题的一个典型难题，是传统水力学面临的新挑战。为此，该项目在国家重大水专项、国家自然科学基金重点和面上项目资助下，历经十余年研究，建立了复杂边界多相湍流数值模拟理论体系，解决了水流模拟边界复杂且精细化程度难以提高这一难题，实现了复杂边界高精度模拟与计算的重大突破，带动了计算水力学学科发展，为研发废水排放、泄洪消能和水下推进设备提供了重要理论支撑。主要科学发现有： 1. 发现了偏置射流和壁射流相互吸附的Conada效应，构建了壁射流与偏置射流共存的大涡模拟模型，首次实现了该类流动瞬时流场及浓度场的准确描述，解决了强紊动流场难以识别两类射流混合点的难题，形成偏置射流近区稀释理论。CSCE Fellow、加拿大渥太华大学Nistor教授（IAHR海事与海岸分会主席）评价为首次（for the first time）采用大涡模拟模型（LES）模拟了偏置射流和平行壁射流的相互作用（即Conada效应）。 2. 构建了考虑流体微团旋转效应的Realizable k-ε模型的水气两相混合模型，实现了对台阶溢流坝坝面流速、旋度、边界层厚度等的准确模拟，首次提出台阶溢流坝水流掺气点确定方法，形成台阶溢流坝消能理论。加拿大工程院院士、艾伯塔大学 David Zhu教授认为“是最高效的(the most efficient)湍流模型”。3. 针对Clark-Y型水翼空化，首次提出基于湍流URANS模拟的验证和确认（V&V）的安全系数法，突破了空化湍流模拟质量难以提高的瓶颈，揭示了空化非定常脱落是造成数值计算误差大幅度增加的主因，并发现模型确认的难度主要在于如何提高空化区的模拟精度。印度技术学院S. Sinha教授（湍流流动和燃烧模拟的权威、OpenFoam主要引领者之一）认为该方法是成功的，并将其列为未来的主攻方向（in our future work）。 4. 构建了考虑空化区域强可压的非线性湍流模型，实现了空化与旋涡的交互影响机理以及叶片附着型空化的非定常流动特性的精细模拟，揭示了云空化脱落机理及时空演变特性，形成翼型空化模拟理论。印度科学院与工程院院士、英国贝尔法斯特女王大学V. Ranade教授认为该理论是（reliable）可靠的。 5篇代表作发表在Ocean Engineering等国际水利领域主流期刊，其中1篇获JHD高被引论文奖，1篇入选ESI高被引论文(单篇最高他引121次)，1篇论文获湖北省优秀论文一等奖。据Web of Science数据库统计，项目第一完成人在“偏置射流和大涡模拟” 主题发表国际首篇SCI论文（且SCI他引全球第一），引领了数值优化扩散器稀释特性的发展方向。5篇代表作SCI他引265次，引文发表于Journal of Fluids Engineering等国际水利领域顶级期刊，作者来自于加拿大Alberta大学土木环境工程系等160多个权威研究机构，包括4位院士、15位国际期刊主编和副主编或国际权威学会Fellow。美国纽约科学院院士Chanson教授、加拿大工程院院士David Zhu教授、印度科学院与工程院院士V. Ranade教授、STA Fellow，韩国首尔大学SH Rhee教授(国际期刊IJNAOE主编)“特别推荐并认为可作为未来研究方向（be considered as future work)”、“是重要的 (important)工作”、“首次 (for the first time)大涡模拟”、“成功地(successfully)预测”。 成果获软件著作权7项，研发的废水排放扩散器装置和消能设计应用于大型水电、核电、火电及环境工程中，包括单机船闸规模世界第一的大藤峡水利枢纽工程的船闸冲/泄水系统、绥中36-1油田含油污水排放扩散器工程、江苏溧阳抽水蓄能电站上水库进/出水口工程等。1人担任SCI收录期刊Journal of Hydro-environment Research 和Journal of Hydrodynamics副主编, 1人获国家有突出贡献中青年专家，3人获国家优秀青年科学基金，2人获湖北省优博论文，1人获国际生态水力学栗田奖（Kurita Award）。为提升中国科学家在复杂边界多相湍流精细模拟理论和方法等领域的国际影响和地位做出了实质性贡献。 |
| 主要完成人（完成单位） | 槐文信（武汉大学），季斌（武汉大学），龙新平（武汉大学），钱忠东（武汉大学），罗先武（清华大学） |
| 代表性论文（专著）目录 |
| 序号 | 论文（专著）名称/刊名/作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间（ 年 月 日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | 他引总次数 | 检索数据库 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | Large eddy simulation of the interaction between wall jet and offset jet，Journal of Hydrodynamics.李志伟，槐文信，韩杰 | 2011,23（5）: 544-553 | 2011.10.30 | 槐文信 | 李志伟 | 李志伟，槐文信韩杰 | 21 | Web of science | 否 |
| 2 | Numerical simulation and analysis of water flow over stepped spillways， Science in china series E-technological sciences. 钱忠东，胡晓清，槐文信，AMADOR António | 2009, 52(7)：1958-1965 | 2009.07.30 | 钱忠东 | 钱忠东 | 钱忠东 胡晓清 槐文信 | 33 | Web of science | 是 |
| 3 | Verification and validation of URANS simulations of the turbulent cavitating flow around the hydrofoil. Journal of Hydrodynamics, 龙云，龙新平，季斌，槐文信，钱忠东 | 2017，29（4）：610-621 | 2017.07.30 | 季斌 | 龙云 | 龙云 龙新平 季斌 槐文信 钱忠东 | 31 | Web of science | 否 |
| 4 | Numerical simulation of three dimensional cavitation shedding dynamics with special emphasis on cavitation-vortex interaction. Ocean engineering.季斌，罗先武，Arndt Roger，吴玉林 | 2014，87: 64-77 | 2014.09.30 | 罗先武 | 季斌 | 罗先武 季斌吴玉林 | 121 | Web of science | 是 |
| 5 | Numerical investigation on the mixing process in a steam ejector with different nozzle structures, International Journal of Thermal Sciences.杨雪龙，龙新平，姚鑫 | 2013,25（4）：510-519 | 2013.08.30 | 龙新平 | 杨雪龙 | 杨雪龙 龙新平 姚鑫 | 59 | Web of science | 否 |