

项目名称：变化环境下潮汐河网与河口水沙运动响应机制研究及应用

推荐类别：科技进步奖

推荐单位：河海大学

项目简介：

在高强度人类活动与气候变化的影响下，世界范围内河口三角洲的径潮动力过程正发生着显著的改变，其中潮汐河网三角洲是由数以十计甚至百计的汉口和汉道组成，径潮动力的调整决定了河网内泥沙等入海物质的输运路径，从而影响到了整个河口海岸地貌演变过程，同时还会关系到下游相关的堤防、港口和航道等工程问题。本项目针对传统理论与方法中河网与河口径潮相互作用的非线性机制尚不明确，变化环境下河口动力地貌演变和盐水入侵过程认识不够系统，以及高强度河口工程背景下滩槽演变难以准确预测等应用基础难题，依托于河海大学和南京水利科学研究院共建的水文水资源与水利工程科学国家重点实验室，历经十余年的潜心研究，取得如下主要创新性成果：

1. 突破了河网与河口潮波传播、变形和衰减的理论瓶颈，完善了浅水地形和陆地径流共同作用下的潮汐河网与河口水沙运动理论。实现了准确分解时变径流影响下河网不同频率分潮，揭示了三角洲内径潮动力长期演变过程；推导出适用于潮汐河网多汉道盐度扩散的非稳态解析表达式，首次理论解析不同频率分潮对河口盐度扩散的作用机理；揭示了变化环境下河网与河口泥沙输运的演变趋势、迁移路线和沉积特点，解决了口外海滨底沙净输移路径难以捕捉的难题。

2. 提出了高效率、高精度、高稳定性的数值模拟计算方法，解决了模型效率和精度在河网与河口工程应用中往往难以兼顾的难题。提出了具有保正性的各向异性扩散项处理方法，突破了传统算法无法保证计算物质浓度非负特征的瓶颈；提出了垂向压力简化与插值方法，解决了传统多层非静压模型求解压力泊松方程耗时过长的问题，实现了非静压模型的高效率计算；研发了高效稳定的河口海岸潮流泥沙多重嵌套数值模拟系统，实现了河口海岸环流与潮汐河网温盐沙的精细化模拟。

3. 揭示了变化环境下潮汐河网与河口滩槽演变基本特征和盐水入侵规律，解决了珠江口伶仃洋河口湾西岸建港和深水航道开发的关键技术问题。颠覆了以往伶仃洋西岸由于“水浅滩宽，沙多流散”不宜建深水港的传统认识，明确“弱流少沙”环境是西岸具备“浅水深用”建港的可行性；揭示了珠江口伶仃洋地貌具有“微变性、趋稳性、可塑性”的基本特征，有效推动了伶仃洋深水航道开发整治的工程建设；阐明了航道浚深对河网内盐水入侵的影响程度，明确了河口调蓄流量的最佳控制区间。

变化环境下潮汐河网与河口水沙运动理论的研究被国际顶尖学术期刊 *Nature Geoscience* 正面引用报道；研发了具有自主知识产权的 CJK3D 河口海岸数值模拟系统，并通过中国工程建设标准化协会水运专业委员会鉴定，被列为交通运输部水运工程数值模拟软件名录。研究成果成功应用于珠江口伶仃航道、广州港、深圳港等港口航道及河口海岸工程咨询研究项目数十项，产生显著的经济

效益。申请和授权发明专利 12 项，登记软件著作权 15 项；出版专著 1 部，发表论文 95 篇，其中 SCI 收录 20 篇、EI 收录 21 篇。

主要完成单位及创新推广贡献：

主要完成单位	创新推广贡献
<p>河海大学</p>	<p>项目第一完成单位，长期与南京水利科学研究院开展合作研究，全面负责制定本项目主要研究内容、技术路线、研究方案并组织实施，对创新点 1、2、3 均有首要贡献，在变化环境下河网型三角洲水沙运动过程的理论体系构建、关键技术研发、成果推广应用发挥了首要作用。具体为：（1）完善了浅水地形和陆地径流共同作用下的河网型三角洲潮波运动理论与新方法；（2）提出了高效率、高精度、高稳定性的数值模拟计算方法，解决了模型效率和精度在河网与河口工程应用中往往难以兼顾的难题；（3）深入研究了变化环境下河口滩槽稳定性，揭示了珠江口动力地貌的基本特征与演变机制；（4）将项目成果应用在珠江三角洲高等级航道网的开发中，指导多个航道整治工程的设计、施工与管理。</p>
<p>水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院</p>	<p>项目第二完成单位，对创新点 2、3 有重要贡献，并在成果推广应用发挥了突出作用。具体为：（1）研发了高效稳定的近岸潮流泥沙多因子耦合数值模拟系统，实现了河口海岸多尺度水沙动力演变过程的精细化数值模拟，促进行业科技进步；（2）揭示了珠江口伶仃洋动力地貌具有“微变性、趋稳性、可塑性”的基本特征，得出“三滩两槽”基本格局可以长期保持稳定重要判断；（3）正确评价了河口工程对地形演变的作用，从而为工程的选址与方案选择提供科学支撑；（4）将项目成果应用于工程实践，为广州港南沙港区工程建设以及伶仃洋深水航道浚深工程提供了技术支撑。</p>

推广应用情况：

本项目的研究成果不仅解决了潮汐河网与河口水沙运动的科学问题，同时成功应用在珠江三角洲高等级航道网的开发中，被广东省航道事务中心、广东省水文局、广东西江流域管理局、广东省江门航道事务中心、广东省交通运输规划研究中心、珠江水利科学研究院、中交三航院澳门有限公司、广州港集团有限公司、广州港务局等单位应用于多个港口航道建设工程的设计、施工与管理中。优化设计方案、减少泥沙回淤、改进结构型式、直接节省工程投资 3500 万元。同时为在珠江流域开展水文观测、水情预报、调水压咸和相关工程项目提供了科学依据，取得了巨大的经济效益和社会效益。

曾获科技奖励情况：

获 奖 项 目 名 称	获奖时间	奖项名称	奖励等级	授奖部门（单位）
珠江三角洲河网复杂水道航道整治数学模型的建模与应用	2009	中国水运建设科学技术奖	二等奖	中国水运建设行业协会
珠江三角洲航道网水沙动力要素长期演变趋势研究	2010	中国水运建设科学技术奖	三等奖	中国水运建设行业协会
珠江三角洲航道工程对咸潮入侵影响研究	2011	中国水运建设科学技术奖	二等奖	中国水运建设行业协会
港珠澳大桥对伶仃洋水沙环境和港口航道影响研究	2016	中国水运建设科学技术奖	一等奖	中国水运建设行业协会

主要知识产权证明目录:

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
代表性论文 1 SCI 论文	Morphological change in the Pearl River Delta, China	Marine Geology	入藏号: WOS: 000353735400015	2015	363: 202-219	张蔚	张蔚,徐阳,Hoitink, A. J. F.,Sassi, M. G., 郑金海,陈小文,张弛	
代表性论文 2 SCI 论文	Unravelling the causes of tidal asymmetry in deltas	Journal of Hydrology	入藏号: WOS: 000445316200047	2018	564: 588-604	张蔚	张蔚, 曹煜, 诸裕良, 郑金海, 季小梅, 徐龔文, 吴尧, Hoitink, A.J.F.	
代表性论文 3 SCI 论文	Surficial sediment distribution and the associated net sediment transport pattern in the Pearl River Estuary, South China	Continental Shelf Research	入藏号: WOS: 000321083200005	2013	61-62: 41-51	张蔚	张蔚,郑金海,季小梅, Hoitink, A. J. F., van der Vegt, M.,诸裕良	
计算机软件著作权 1	南科院河口海岸潮流泥沙数值模拟系统 V2012.1	中国	2012S8065406	2012-7-19	软著登字第 0433442 号	水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院	罗小峰,辛文杰,路川藤,何杰,韩玉芳,钱明霞	专利权有效
代表性论文 4 SCI 论文	Numerical study of seasonal circulation and variability over the inner shelf of the northern South China Sea	Ocean Dynamics	入藏号: WOS: 000358604600005	2015	65(8): 1103-1120	季小梅	季小梅,Jinyu Sheng, 郑金海,张蔚	

代表性 论文 5 SCI 论文	A high-resolution method for the depth-integrated solute transport equation based on an unstructured mesh	Environmental Modelling & Software	入藏号: WOS: 000314074000009	2013	40(1): 109-127	孔俊	孔俊,辛沛,沈城吉,宋志尧,李凌	
计算机 软件著作 权 2	水体中基于物质扩散各向异性特征的运输模型系统软件 V1.0	中国	2013SR122694	2013-11-09	软著登字 第 0628456 号	河海大学	孔俊,叶荣辉,赵红军, 金光球,李凌	专利权有 效
代表性 论文 6 EI 论文	Hydrodynamic impact on Pearl River Estuary from HZM Bridge	Applied Mechanics and Materials		2014	488-489: 475-478	何杰	何杰,辛文杰	
授权发 明专利 1	非静压模型垂向网格分离计算方法	中国	ZL201510673876.7	2018-01-19	201510691	河海大学	时健,童朝锋	专利权有 效
代表性 论文 7 SCI 论文	Comparison of analytical solutions for salt intrusion applied to the Modaomen Estuary	Journal of Coastal Research	入藏号: WOS: 000354074400021	2015	31(3): 735-741	张蔚	徐龔文,张蔚,陈秀华, 郑金海,陈小文,吴宏 旭	

主要完成人情况表:

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献	曾获科技奖励情况
张蔚	1	教授	河海大学	河海大学	作为项目第一负责人,主持课题立项论证和相关研究工作,负责课题的总体规划、方案设计、任务协调安排及成果总结;先后主持国家自然科学基金项目、水利部公益性项目、广东省交通厅科技计划项目等;完善了浅水地形和陆地径流共同作用下的潮汐河网与河口水沙运动理论;参与研发了高效稳定的河口海岸潮流泥沙多重嵌套数值模拟系统,并应用于潮汐河网和河口的深水航道整治工程中。对创新点 1、2、3 均有创造性贡献,是代表性论文 1、2、3、7 的第一作者或通讯作者,代表论文 4 的第四作者。	“复杂河网多目标水力调控关键技术与应用”获 2014 年国家科技进步二等奖(排名 9);“珠江三角洲航道工程对咸潮入侵影响研究”获 2011 年中国水运建设科学技术奖二等奖(排名 3);“珠江三角洲航道网水沙动力要素长期演变趋势研究”获 2010 中国水运建设科学技术奖三等奖(排名 3);“珠江三角洲河网复杂水道航道整治数学模型的建模与应用”获 2009 年中国水运建设行业协会科学技术奖二等奖(排名 4)。
罗小峰	2	教授级高工	南京水利科学研究院	南京水利科学研究院	作为项目第二负责人,主持开发研制了 CJK3D 数值模拟系统,在系统中负责软件构架、数值模拟算法、测试应用等;将该数值模拟软件成功应用于长江口、珠江口、苏北、福建、广东等省沿海的河口海岸工程案例,具有较好的推广应用价值;对创新点 2、3 有创造性贡献,是软件著作权 1 的第一著作权人。	“长江口南北港分汉河口河段航道整治关键技术研究”获 2013 年度中国水运建设行业协会科学技术奖一等奖(排名 7);“长江口深水航道治理工程方案优化泥沙回淤设计波浪研究”获 2005 年中国航海科技进步一等奖(排名 8)。
季小梅	3	副教授	河海大学	河海大学	作为项目主要参与者,先后主持和参与了国家自然科学基金项目、水利部公益性课题等;参与研究了变化环境下河网与河口泥沙运输的演变趋势、迁移路线和沉积特点;参与构建与完善了高效稳定的河口海岸多尺度多物理场耦合的水沙动力演变过程综合数值模拟系统,数学模型模拟的成果和相关结论成为本项目研究的重要技术支撑;对创新点 1、2 有创造性贡献,是代表性论文 4 的第一作者,代表性论文 3 的第三作者,代表性论文	“河口海岸风暴潮及海洋动力三维预报模型(CHINACOAST)”获 2011 年大禹水利科学技术奖二等奖(排名 10)。

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献	曾获科技奖励情况
					2 的第五作者。	
孔俊	4	教授	河海大学	河海大学	作为主要参与人,提出了高精度对流项处理 TVD 格式、具有保正性的各向异性扩散项处理方法;阐明了航道浚深对河网内盐水入侵的影响程度,揭示了变化环境下盐水入侵规律;对创新点 2、3 创造性贡献,是代表性论文 5 的第一作者,软件著作权 2 的第一著作权人。	“珠江三角洲航道工程对咸潮入侵影响研究”获 2011 年中国水运建设行业协会科学技术奖二等奖(排名 8);“宁波港北仑港域海床稳定性及回淤研究”获 2014 年中国港口协会科学技术奖二等奖(排名 10)。
何杰	5	高工	南京水利科学研究院	南京水利科学研究院	作为主要参与人参加了水利部公益性项目;采用数学模型进行了水沙运动变化模拟和泥沙回淤计算,论证分析了珠江口水沙环境和伶仃航道回淤问题;对创新点 3 有创造性贡献,是代表性论文 6 的第一作者,是软件著作权 1 的第四著作权人。	“港珠澳大桥沉管隧道基槽开挖工艺及回淤观测试验研究”获 2011 年中国水运建设行业协会科技一等奖(排名 14)。
辛文杰	6	教授级高工	南京水利科学研究院	南京水利科学研究院	作为主要参与人,成功总结了伶仃洋动力地貌基本特征;负责研究成果在伶仃航道浚深工程、广州港南沙港区一、二期工程建设中的应用;对创新点 3 有创造性贡献,是代表性论文 6 的第二作者,是软件著作权 1 的第二著作权人。	“港珠澳大桥沉管隧道基槽开挖工艺及回淤观测试验研究”获 2011 年中国水运建设行业协会科技一等奖(排名 8);“珠江三角洲高等级航道网建设关键技术研究”获 2014 年中国水运建设行业协会科技一等奖(排名 6)。“港珠澳大桥对伶仃洋水沙环境和港口航道影响研究”获 2016 年水运建设行业协会科技一等奖(排名 1)。
童朝锋	7	副教授	河海大学	河海大学	作为主要参与人参加了国家自然科学基金项目、水利部公益性课题等;参与研发高效稳定的河口海岸潮流泥沙多重嵌套数值模拟系统;对创新点 2 有创造性贡献,是授权发明专利 1 的第二发明人。	“长江近期入海水沙变化规律与河口水沙运动特征研究”获 2009 年教育部自然科学奖二等奖(排名 5);“珠江三角洲河网复杂水道航道整治数学模型的建模与应用”获 2009 年中国水运建设行业协会科学技术奖二等奖(排名 3)。

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献	曾获科技奖励情况
时健	8	讲师	河海大学	河海大学	作为主要参加人参与构建近岸水动力精细化模拟系统，提出了非静压模型垂向压力简化与插值高效计算方法。对创新点2有创造性贡献，授权发明专利1的第一发明人。	
徐龔文	9	博士后	河海大学	河海大学	作为主要参加人参与相关的国家自然科学基金和水利部公益性课题等，推导出适用于潮汐河网多汉道盐度扩散的非稳态解析表达式；对创新点1有创造性贡献，是代表性论文7的第一作者，代表性论文2的第六作者。	
路川藤	10	高工	南京水利科学研究院	南京水利科学研究院	作为主要参加人参与开发研制了CJK3D数值模拟软件，在软件系统中负责数值模拟算法的开发与编写。对创新点2、3有创造性贡献，软件著作权1的第三著作权人。	“长江口复杂水动力条件下中低滩围堤施工关键技术研究与应用”获2015年安徽省科学技术二等奖（排名6）。