



# 第十三届全国水动力学学术会议暨 第二十六届全国水动力学研讨会文集

Proceedings of the 13th National Congress on Hydrodynamics &  
26th National Conference on Hydrodynamics

吴有生 颜 开 孙宝江 主编

(上 册)



海洋出版社

# 第十三届全国水动力学学术会议 暨 第二十六届全国水动力学研讨会文集

---

Proceedings of the 13th National Congress on Hydrodynamics &  
26th National Conference on Hydrodynamics

(上册)

吴有生 颜开 孙宝江 主编

主 办 单 位

中国力学学会  
《水动力学研究与进展》编委会  
中国造船工程学会  
中国石油大学(华东)

海洋出版社

2014年·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

第十三届全国水动力学学术会议暨第二十六届全国水动力学研讨会文集/吴有生, 颜开, 孙宝江主编. —北京: 海洋出版社, 2014. 7

ISBN 978 - 7 - 5027 - 8931 - 2

I. ①第… II. ①吴… ②颜… ③孙… III. ①水动力学 - 文集  
IV. ①TV131.2 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 165618 号

责任编辑: 方 菁

责任印制: 赵麟芬

**海洋出版社 出版发行**

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

上海交大印务有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 97.75

字数: 2230 千字 定价: 220.00 元(上下册)

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

# 第十三届全国水动力学学术会议 暨 第二十六届全国水动力学研讨会

## 承 办 单 位

中国石油大学(华东)石油工程学院

中国力学学会水动力学专业组

上海《水动力学研究与进展》杂志社

上海市船舶与海洋工程学会船舶流体力学专业委员会

# 第十三届全国水动力学学术会议 暨 第二十六届全国水动力学研讨会

## 编辑委员会

主任委员：吴有生

副主任委员：颜 开 王瑞和 孙宝江 周连第

委 员：(以姓氏笔画为序)

马 峥 王志远 王瑞和 卢东强 孙宝江  
孙 奕 吴有生 范余明 杨显成 周连第  
徐宗孟 缪国平 颜 开 戴世强

主 编：吴有生 颜 开 孙宝江

# 目 录

## 大会报告

|                                                                                           |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 超临界二氧化碳井筒内携岩机制研究                                                                          |       |
| 王瑞和, 霍洪俊, 倪红坚 .....                                                                       | (1)   |
| Development and evaluation of an Earth System Model with surface gravity waves            |       |
| QIAO Fangli, SONG Zhenya, BAO Ying, SONG Yajuan, SHU Qi, HUANG Chuanjiang, ZHAO Wei ..... | (16)  |
| general framework for verification and validation of large eddy simulations               |       |
| XING Tao .....                                                                            | (40)  |
| 鱼游水动力学及其应用技术研究的顶层设计                                                                       |       |
| 沈泓萃, 谢华 .....                                                                             | (59)  |
| 明渠植被水流水动力学特性                                                                              |       |
| 槐文信, 王伟杰 .....                                                                            | (75)  |
| 波浪对深海工程结构物作用分析                                                                            |       |
| 滕斌 .....                                                                                  | (86)  |
| 煤层气井储层井筒一体化数值模拟研究                                                                         |       |
| 石在虹, 牛骏, 柯文奇 .....                                                                        | (94)  |
| 超两层流体中线性波和超大型浮式结构物的水弹性作用                                                                  |       |
| 卢东强 .....                                                                                 | (102) |
| 海洋深水钻井井筒多相流动规律                                                                            |       |
| 孙宝江, 王金堂, 王志远 .....                                                                       | (114) |

## 水动力学基础

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 内重力波相似律分析                         |       |
| 梁川, 洪方文, 赵峰 .....                 | (131) |
| 纳米流体中三维物体驻点附近自由对流问题的理论研究          |       |
| 赵庆凯, 徐航, 陶龙宾, Ammarah Raees ..... | (137) |
| 气体在页岩储层中的渗流状态及渗透率表征方法研究           |       |
| 汪洋, 姜瑞忠, 何伟, 邢永超 .....            | (144) |
| 高频电场离心场作用下的乳状液液滴聚合                |       |
| 倪玲英, 白莉, 郭长会, 文潇 .....            | (151) |
| 发动机水下点火的燃气射流特性研究                  |       |
| 曹嘉怡, 宫兆新, 鲁传敬, 陈瑛 .....           | (158) |
| 发射参数对航行体水下运动的影响研究                 |       |
| 宫兆新, 曹嘉怡, 鲁传敬, 李 杰 .....          | (164) |

|                                |       |
|--------------------------------|-------|
| 粒子射流侵彻理论分析                     |       |
| 李庆陆 .....                      | (171) |
| 单个蒸汽气泡溃灭过程的边壁效应研究              |       |
| 张马骏, 陈鑫, 鲁传敬, 曹嘉怡, 梁盛平 .....   | (177) |
| 带有自由端的可变形膜绕流数值研究               |       |
| 郑海成, 拾兵, 张靖 .....              | (183) |
| 倾斜水射流冲击移动平板的流动分析               |       |
| 叶纯杰, 黄洪亮, 饶欣, 陈帅, 刘健, 吴越 ..... | (189) |
| 椭圆水翼梢涡空化噪声研究                   |       |
| 宋明太, 刘进, 彭晓星, 徐良浩 .....        | (196) |
| 超临界 $\text{CO}_2$ 中沉降颗粒双重规律研究  |       |
| 侯磊, 孙宝江, 王志远, 李庆建 .....        | (202) |
| 黏弹性流体在开口多孔介质内的流动与传热            |       |
| 牛骏, 石在虹, 柯文奇 .....             | (210) |
| 流体运移过程中微粒沉积规律研究                |       |
| 冯其红, 王波, 韩晓冬, 王相 .....         | (217) |
| 超稠原油-水乳状液(W/O)的流变学特性           |       |
| 张健, 丁健, 许晶禹, 张军, 郭军 .....      | (224) |
| 非刚盖近似对海洋内波垂直结构的影响              |       |
| 孙宝楠, 戴德君, 连展 .....             | (231) |
| 非正弦运动振动翼的能量采集性能研究              |       |
| 许国冬, 徐文华, 张庆力 .....            | (237) |
| 伴随流体分离的自由入水砰击耦合分析              |       |
| 鲍超明, 许国冬 .....                 | (244) |
| 考虑绕路行驶的随机更新城市交通网络模型            |       |
| 盘薇, 贾丽斯, 薛郁 .....              | (251) |
| 道路瓶颈处交通拥堵的能量耗散的研究              |       |
| 贾丽斯, 陈栋, 盘薇, 薛郁 .....          | (258) |
| 超临界二氧化碳射流结构特性的模拟分析             |       |
| 李木坤, 倪红坚, 王瑞和 .....            | (265) |
| 基于流体力学模型的道路瓶颈交通拥堵研究            |       |
| 陈栋, 贾丽斯, 薛郁 .....              | (275) |
| 三层流体中波浪与半无限漂浮弹性板的相互作用          |       |
| 孟庆瑞, 卢东强 .....                 | (283) |
| 空腔结构在 Couette 流中减阻性能的数值分析      |       |
| 吴哲, 袁野, 张志国, 王先洲, 冯大奎 .....    | (294) |
| 限制流向及不限制流向下阵列四立柱涡激水动力特性研究      |       |
| 刘为民, 谷家扬, 渠基顺 .....            | (300) |
| 带隔板空腔流动大涡分析研究                  |       |
| 温鑫, 张志国, 王先洲, 冯大奎 .....        | (307) |
| 肿瘤细胞与血管壁上白细胞的水动力作用             |       |
| 李昂, 孙仁 .....                   | (313) |

## 均匀连续分层流中自由面格林函数的特性分析

高阳, 朱仁传, 缪国平, 范菊 ..... (318)

## 计 算 流 体 力 学

## 高阶 Stokes 波浪理论耦合 VOF 两相流模型的数值模拟研究

陈圣涛, 钟兢军, 孙鹏 ..... (325)

## 基于 OpenFOAM 的数值波浪水槽/池模拟

樊翔, 张景新, 刘桦 ..... (331)

## 旋流中钉螺运动的数值模拟

薛娇, 曾月, 马雨露, 刘士和 ..... (339)

## 矩形容器内液体共振晃荡的数值模拟研究

宁德志, 王荣泉, 宋伟华, 滕斌, 钱弈心 ..... (345)

## 开孔文丘里管掺气水流的数值模拟

尹则高, 马宁宁, 高成岩, 王振鲁, 龙翔宇 ..... (352)

## 新型防泥沙装置固液两相流数值模拟研究

赵璐, 陈少峰, 张海华, 季越红, 张宁 ..... (358)

## 基于格子 Boltzmann 方法的声-固作用模拟研究

陈效鹏, 任虎 ..... (366)

## 干湿区域求解浅水方程的和谐有限元格式

毛佳, 赵兰浩, 郭博文 ..... (372)

## 基于浸入边界-格子 Boltzmann 方法的仿生机器鱼的数值模拟

王星, 谢华 ..... (378)

## 临界二氧化碳压裂裂缝内温度场计算方法

孙小辉, 孙宝江, 王志远, 王金堂, 王宁 ..... (386)

## 基于速度势分离法的波物相互作用全非线性数值模拟研究

周斌珍, 宁德志, 齐江辉 ..... (393)

## Finite element modelling of local scour below a pipeline under steady currents

GUO Bowen, ZHAO Lanhao, MAO Jia ..... (401)

## 基于 CIP 方法的液滴冲击薄膜数值模拟

叶洲腾, 赵西增 ..... (412)

## 基于 WCMPs 法的自由面流动数值模拟

邱流潮, 高文文 ..... (418)

## FLOW-3D 在流固耦合数值模拟中的应用

靖树一, 王亮, 杜辉, 魏岗 ..... (423)

## 水 动 力 学 试 验 与 测 试 技 术

## 多柱体浮标水动力分析与室内试验研究

路宽, 宋雨泽, 韩林生, 杨宁 ..... (429)

## 呆木对拖航稳定性影响的试验研究

赵战华, 匡晓峰, 范亚丽, 师超, 罗彬 ..... (435)



|                                                                                       |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 实船螺旋桨空泡观测                                                                             |       |
| 陆 芳, 陆林章, 庞业珍, 丁恩宝 .....                                                              | (442) |
| 均流螺旋桨片空泡面积定量数值预报及试验比对                                                                 |       |
| 刘登成, 张国平 .....                                                                        | (449) |
| 吊舱推进器舱体与螺旋桨干扰试验研究                                                                     |       |
| 范井峰, 沈兴荣, 范余明 .....                                                                   | (457) |
| 雷诺数与导边粗糙度对片空泡影响的试验研究                                                                  |       |
| 施小勇, 吴颖新, 陆 芳, 黄红波, 刘登成 .....                                                         | (463) |
| 近岛礁浮式平台水动力模型试验研究                                                                      |       |
| 田 超, 丁 军, 吴有生 .....                                                                   | (472) |
| 基于 FFD 重构方法的船型优化设计及其模型试验验证                                                            |       |
| 李胜忠, 蒋昌师, 倪其军, 赵 峰 .....                                                              | (481) |
| 浅水条件下多孔软管的曝气实验研究                                                                      |       |
| 王敏, 程文, 马腾飞, 王庆菊, 左 芬 .....                                                           | (491) |
| 水下 MEMS 剪应力标定试验压力监测方案设计                                                               |       |
| 黄 欢, 孙海浪, 田于逵, 谢 华, 张 楠 .....                                                         | (501) |
| 浮式风机时域运动耦合模拟程序的开发与验证                                                                  |       |
| 李 良, 王 晋, 胡志强, 钟晓旭 .....                                                              | (507) |
| 随钻电阻率测井值在气侵条件下响应特征的实验研究                                                               |       |
| 王金波, 孙宝江, 殷志明, 高永海, 李 昊, 王志远, 程龙军 .....                                               | (518) |
| 超临界二氧化碳压裂液增黏实验方法浅析                                                                    |       |
| 范志, 孙宝江, 孙文超, 张洪坤, 郭艳利 .....                                                          | (524) |
| 基于相位解调的主动超声空化检测                                                                       |       |
| 刘 进, 宋明太 .....                                                                        | (530) |
| Flow Behavior behind a Freely Suspended Cylinder in the Wake of a Stationary Cylinder |       |
| GAO Yang-yang, Danielle S. TAN, TAN Soon Kea .....                                    | (538) |
| 整流罩控制隔水管涡激振动的风洞试验研究                                                                   |       |
| 睢 娟, 王嘉松, 许博涵, 李 崇, 喻晨欣 .....                                                         | (545) |
| 受热源影响的重力内波的水槽实验                                                                       |       |
| 耿 雨, 魏晓敏, 曹 勇, 孟 静, 陈 旭 .....                                                         | (553) |
| 孤立波消波效率的实验研究                                                                          |       |
| 王少可, 孔梦桐, 陈 旭, 牟海迪, 刘阳洋, 林鉴棠 .....                                                    | (559) |
| 单个气泡在井筒内上升速度规律实验研究                                                                    |       |
| 郭艳利, 孙宝江, 王 宁, 范 志, 左 坤 .....                                                         | (566) |

## 海岸环境与地球物理流体力学

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 夏季渤海海峡垂向混合的数值研究          |       |
| 梁书秀, 张怡辉, 孙昭晨 .....      | (572) |
| 移动射流冲刷数值模拟研究             |       |
| 张芝永, 员 鹏, 吴修广, 刘光生 ..... | (580) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 台风波浪对跨海近岸桥梁作用力研究              |       |
| 方庆贺, 郭安薪, 李 惠 .....           | (586) |
| 半封闭狭长型淤泥质海湾的冲淤演变数值分析          |       |
| 张雪松, 梁丙臣, 徐照妍 .....           | (592) |
| 乳山湾污染物扩散模型数值实验与结果分析           |       |
| 孙宝楠, 尹训强, 连 展 .....           | (601) |
| 紫葡萄岛建设对海域二维潮流影响的数值模拟分析        |       |
| 王佳元, 匡翠萍, 黄永辉, 单云驰, 胡成飞 ..... | (609) |
| 规则波在浅海区斜坡的传播和演化数值模拟研究         |       |
| 魏 泽, 常 亮 .....                | (616) |
| 基于 FLUENT 的三维丁坝绕流数值模拟         |       |
| 胡子俊, 叶洲腾, 赵西增, 孙志林 .....      | (624) |
| 潜堤上波浪变形的 CIP 方法模拟             |       |
| 陈 勇, 赵西增, 吴 显, 龙文凯 .....      | (630) |
| 地形 Rossby 波的实验模拟研究            |       |
| 孙宇辰, 姚恒恺, 孟 静, 曹 勇, 陈 旭 ..... | (636) |
| 非恒定水流条件下泥-水界面污染物扩散释放特性研究      |       |
| 樊靖郁, 王道增 .....                | (643) |
| 基于动态渗透的雨水塘下渗试验研究              |       |
| 尹海龙, 解 铭 .....                | (649) |
| 不同水动力下沉水植物苦草对沉积物重金属释放的影响      |       |
| 雷 阳, 王沛芳, 王 超, 张微敏 .....      | (657) |
| 径流、潮流耦合作用下大沽河口悬沙输移与床面变形的数值研究  |       |
| 徐 统, 王 乐, 王振鲁, 迟万清 .....      | (665) |

## 水 利 水 电 和 河 流 动 力 学

|                                                 |       |
|-------------------------------------------------|-------|
| 曝气沉砂池两种曝气方式形成流场的数值模拟研究                          |       |
| 颜 溧, 王文海, 郝二成 .....                             | (672) |
| 青山水库溢洪道弯道水流改善措施研究                               |       |
| 王月华, 王自明, 史 斌 .....                             | (679) |
| 明渠急流弯道的三维数值模拟                                   |       |
| 王 波, 周 勤, 伍 超, 陈云良, 张 挺 .....                   | (685) |
| 苏州河网防洪调度安全评估与优化模拟                               |       |
| 胡孜军, 王玲玲, 唐洪武, 郎 韵, 成高峰 .....                   | (693) |
| 基于 CFD 的糯扎渡水电站右岸通风系统流动特性研究                      |       |
| 张法星, 阿 蓉, 邓 军, 田 忠, 张建民 .....                   | (701) |
| 黄河下游河冰动力输移的数值模拟                                 |       |
| 拾 兵, 阮雪景, 于 乾 .....                             | (711) |
| 土堤溢流条件下陡坎迁移的 SPH 方法数值模拟                         |       |
| 饶 欣, 黄洪亮, 唐洪武, Farshad AMINI, Lin LI, 叶纯杰 ..... | (718) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 浮标追踪在一维感潮网河水流数学模型验证中的应用       |       |
| 徐林春, 黄 东, 李海彬, 刘画眉, 林美兰 ..... | (727) |
| 泥沙条件下潮汐对电厂取排水布置方式影响的数值模拟      |       |
| 程友良, 白留祥, 张国峰, 武 凯 .....      | (734) |
| 顺德水道乐从段弯道险段整治研究               |       |
| 钟伟强, 黄健东 .....                | (742) |
| 向家坝水电站表孔流量比优化实验研究             |       |
| 彭 勇, 张建民 .....                | (749) |
| 挺水植被状态对水流阻力影响的实验研究            |       |
| 吴龙华, 杨校礼 .....                | (755) |
| 江口水电站泄洪闸消能研究                  |       |
| 黄智敏 .....                     | (763) |
| 大流量表孔窄缝坎挑流控制试验研究              |       |
| 马 飞, 吴建华 .....                | (768) |
| 双层刚性植被水流流速及涡量调整               |       |
| 赵 芳, 槐文信 .....                | (775) |
| SWAN 模型模拟近岸风浪场的应用特点研究         |       |
| 张洪生, 岳文翰, 李朋辉, 王真祥 .....      | (783) |

## 工业流体力学

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 幂律流体偏心环空层流流动壁面切应力的数值计算及应用          |       |
| 宋保寰, 项忠华, 蔡 萌, 崔海清 .....           | (793) |
| 惯性吸振器主动控制湍流脉动压力引起的水动力自噪声方法研究       |       |
| 刘孝斌, 俞孟萨, 吕世金 .....                | (798) |
| 海底凝析气管道泄漏工况分析                      |       |
| 李玉浩, 曹学文, 唱永磊, 李开源, 赵联祁 .....      | (809) |
| 基于水力空化微藻细胞破壁装置设计与 CFD 数值模拟         |       |
| 张 园, 王 勇, 刘明磊, 曹 宁 .....           | (815) |
| 潮流发电装置叶轮几何参数影响研究                   |       |
| 翟树成, 刘小龙 .....                     | (823) |
| 深水立管与水下生产系统连接方法研究                  |       |
| 周延东, 赵欣欣, 曹 为, 徐渴望, 王道明 .....      | (830) |
| 表面活性剂对气液两相螺旋流流动特性的影响               |       |
| 李建敏, 王树立, 饶永超, 赵书华, 张永飞, 王 蕾 ..... | (836) |
| 甲烷气体自发凝结流动过程数值模拟研究                 |       |
| 杨 文, 曹学文, 李开源, 徐晓婷 .....           | (843) |
| 基于计算颗粒追踪方法的 PDC 钻头水力性能研究           |       |
| 陈修平, 邹德永, 汤 晶, 王家骏 .....           | (849) |
| 气液混相螺旋槽非接触式机械密封性能的初步探究             |       |
| 李松泰, 庄 媛 .....                     | (858) |

第十三届全国水动力学学术会议暨第二十六届全国水动力学研讨会文集

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 三维土工网垫作用下坡面流阻力特性试验研究              |        |
| 王广月, 孙元帅, 涂传文 .....               | (864)  |
| 利用物质平衡理论计算气藏动态地质储量的新方法            |        |
| 汪 洋, 杨 刚, 姜瑞忠, 何 伟, 于成超 .....     | (870)  |
| 聚合物溶液注入能力研究                       |        |
| 刘明明, 姜瑞忠, 邢永超, 于成超, 何 伟 .....     | (879)  |
| 低温液体推进剂加注管路中水击现象研究                |        |
| 刘海飞, 陈 虹, 王天祥, 雷 刚 .....          | (888)  |
| 深水井筒环空气液两相稳态传热规律                  |        |
| 尹邦堂, 李相方, 孙宝江 .....               | (896)  |
| 应力敏感性页岩气藏的渗流机理及压力动态研究             |        |
| 王研研, 杜殿发, 张丽娜, 周志海 .....          | (903)  |
| 海上低幅稠油底水油藏剩余油分布规律研究               |        |
| 冯其红, 李尚, 张 伟, 韩晓冬 .....           | (909)  |
| 导流片诱导的油水旋流场的流场特征                  |        |
| 陈小平, 李 华, 许晶禹, 史仕炎, 吴应湘 .....     | (915)  |
| 立管系统泡状流和段塞流的流动特性研究                |        |
| 高梦忱, 许晶禹, 马乃庆, 吴应湘, 何云腾 .....     | (921)  |
| 采用电阻层析成像技术的油水两相流流型特征研究            |        |
| 黄玉彤, 李 华, 马乃庆, 王淑京, 吴应湘 .....     | (931)  |
| 不同结构旋流器油水分离特性研究                   |        |
| 陆忠韩, 魏丛达, 吴奇霖, 许晶禹 .....          | (938)  |
| 水平井油气水侵对超临界 CO <sub>2</sub> 携岩的影响 |        |
| 宋维强, 王瑞和, 倪红坚, 沈忠厚, 窦 蓬 .....     | (950)  |
| 深水气井测试天然气水合物生成区域预测及分析             |        |
| 张振楠, 孙宝江, 王志远, 王雪瑞 .....          | (957)  |
| 深水气井井下测试管柱节流效应分析                  |        |
| 王雪瑞, 孙宝江, 王志远, 向长生 .....          | (966)  |
| 井筒温度场解析求解的边界条件处理方法                |        |
| 王 宁, 孙宝江, 王志远 .....               | (973)  |
| 深水智能井多层合采的井筒温度场分布研究               |        |
| 焉琳琳, 孙宝江, 王志远 .....               | (980)  |
| 扰动风作用下微型共轴双旋翼流场的数值模拟及其控制研究        |        |
| 房 正, 李孝伟, 赵 贺 .....               | (992)  |
| 低渗储层单相水微观非均匀渗流特征及影响因素             |        |
| 任晓娟, 臧士宾, 于 娟, 郑永仙 .....          | (1000) |
| 油田注水系统运行参数优化方法                    |        |
| 吴 琼, 韩华军, 崔海清 .....               | (1007) |
| 深水浅层钻井导管喷射钻进机理及喷射排量优化方法研究         |        |
| 张洪坤, 孙宝江 王志远 李 昊 范 志 .....        | (1013) |
| 涡流发生器对超声波热量表内含沙水流影响的数值研究          |        |
| 石 硕, 翟成园, 杜广生, 孙建亭, 郭兰兰 .....     | (1019) |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 环空自吸式脉冲粒子射流性能分析与吸入结构优化             |        |
| 孙 雪 倪红坚 王瑞和 沈忠厚 武程皓 .....          | (1026) |
| 页岩储层压裂水平井非达西渗流模型及产能分析              |        |
| 张 琪, 苏玉亮, 张 敏 .....                | (1032) |
| 自激振荡脉冲射流破坏岩屑床的机理分析                 |        |
| 王 鹏, 倪红坚, 王瑞和, 沈忠厚 .....           | (1038) |
| 不可压缩空腔流振荡模式和声学特性研究                 |        |
| 陈 灿, 吴方良, 李 环, 张志国, 刘聪尉 .....      | (1045) |
| 环空压裂过程中屈曲油管冲蚀数值模拟                  |        |
| 窦益华, 李 臻, 王治国, 程嘉瑞 .....           | (1055) |
| 导流片型管道式分离器油水分离结构优化                 |        |
| 史仕炎, 吴应湘, 许晶禹, 刘 敏, 罗昌华, 王 胜 ..... | (1063) |
| 验潮井进水孔设计的实验模拟                      |        |
| 王炜东, 刘若晗, 马 昕, 陈 旭, 孟 静, 曹 勇 ..... | (1069) |
| 增加深水安全作业周期的高黏段塞长度设计方法              |        |
| 陈春雷, 王志远, 孙宝江 .....                | (1076) |
| 成品油管道停输后压力异动工况模拟探究                 |        |
| 蔡少敏, 刘 刚 .....                     | (1084) |

## 船舶与海洋工程水动力学

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 带螺旋桨的潜艇流场及流噪声的数值计算研究     |        |
| 黄 胜, 郑小龙, 王 超, 白雪夫 ..... | (1091) |
| 通气超空泡减阻技术在垂直上浮式水雷中的应用探讨  |        |
| 吴云飞 周景军 .....            | (1099) |
| 新型钻采储外输一体Spar平台水动力性能研究   |        |
| 高 岩, 王 晋, 胡志强 .....      | (1107) |
| 倾斜水底加垂直岸壁水域中航行船舶水动力数值计算  |        |
| 张 科, 邹早建 .....           | (1118) |
| 振荡对螺旋桨敞水性能的影响研究          |        |
| 黄苗苗, 吴乘胜, 高成君 .....      | (1125) |
| 考虑风浪中阻力增加的船体型线优化设计研究     |        |
| 王艳霞, 陈京普, 魏锦芳, 王 杉 ..... | (1131) |
| 旋转液膜反应器内临界流量的数值模拟        |        |
| 艾俐博, 许兰喜, 李殿卿 .....      | (1138) |
| 不同螺距拟合方式对螺旋桨优化效果的影响分析    |        |
| 叶礼裕, 黄 胜, 王 超, 任万龙 ..... | (1144) |
| IMO 瘫船稳性第二层薄弱性衡准研究       |        |
| 曾 柯, 顾 民, 鲁 江, 王田华 ..... | (1152) |
| 近岛礁半潜式平台的运动及载荷响应研究       |        |
| 丁 军, 田 超, 张 凯, 吴 波 ..... | (1159) |

# 第十三届全国水动力学学术会议暨第二十六届全国水动力学研讨会文集

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 浮式液化天然气船单点系泊的水动力模型试验和数值分析研究        |        |
| 谢志添, 杨建民, 胡志强, 王俊荣 .....           | (1167) |
| 大型集装箱船锚泊状态下的水动力特性数值模拟              |        |
| 金 秋, 李廷秋, 李再庆 .....                | (1177) |
| 敞水下消涡鳍和舵球节能效果评估与分析                 |        |
| 严周广, 陈雷强, 黄树权, 许 杨 .....           | (1183) |
| 基于 RANS 准定常和非定常方法对船后螺旋桨流场的数值研究     |        |
| 尹 琴, 黄树权, 黄振宇 .....                | (1190) |
| 间隙流动对轮缘推进器性能影响研究                   |        |
| 曹庆明, 韦喜忠, 唐登海, 洪方文 .....           | (1197) |
| 对转桨定常水动力性能的影响因素分析                  |        |
| 黄 胜, 侯宗宗, 杨意均 .....                | (1207) |
| 全回转吊舱推进器回转状态水动力性能预报                |        |
| 郑巢生, 刘登成, 张志荣 .....                | (1213) |
| 不同水深环境下平台系泊系统特性研究                  |        |
| 吴 波, 程小明, 田 超, 倪歆韵 .....           | (1222) |
| 基于 CFD 方法的螺旋桨尾涡模型分析                |        |
| 黄 璐, 陈 立, 邱辽原, 解学参 .....           | (1232) |
| 大型船舶在短波中的增阻及伴流场数值计算研究              |        |
| 闫岱峻, 邱耿耀, 倪 阳 .....                | (1239) |
| 导管螺旋桨敞水性能尺度效应研究                    |        |
| 司朝善, 姚惠之, 张 楠 .....                | (1247) |
| 穿梭 LNG 船耐波性的模型试验与理论计算              |        |
| 孙 政, 江克进, 王小宁, 刘敬喜, 叶恒奎 .....      | (1256) |
| 波浪中液化镍矿砂晃荡与船体运动响应耦合的试验及数值研究比较      |        |
| 蔡文山, 高家镛, 金允龙 .....                | (1262) |
| 对转式吊舱推进器水动力性能 CFD 预报及模型试验验证        |        |
| 周 剑, 胡芳琳, 钱正芳, 陈 科 .....           | (1269) |
| FPSO 风载荷特性的模型试验研究                  |        |
| 郑文涛, 彭 超, 潘子英, 王忠畅, 易 丛 .....      | (1277) |
| 基于水动力学理论的最小阻力船型精细优化设计方法研究          |        |
| 张宝吉, 杨 佳 .....                     | (1283) |
| 船体几何自动重构技术研究进展综述                   |        |
| 张宝吉, 杨 佳, 胡丽芬 .....                | (1291) |
| 基于大涡模拟螺旋桨无空泡噪声特性研究                 |        |
| 董 彬, 殷 洪, 张志国, 王先洲, 冯大奎 .....      | (1304) |
| 航行体带攻角减速运动诱导空泡溃灭压力的数值模拟研究          |        |
| 陈 瑛, 鲁传敬, 陈 鑫, 李 杰, 曹嘉怡, 宫兆新 ..... | (1311) |
| 绕三维扭曲水翼云空化演化数值模拟                   |        |
| 曹彦涛, 彭晓星, 徐良浩 .....                | (1318) |
| 时域面元法在 C11 集装箱船参数横摇分析中的应用          |        |
| 陈京普, 白治宁, 王 杉 .....                | (1325) |

第十三届全国水动力学学术会议暨第二十六届全国水动力学研讨会文集

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 参数横摇第二层薄弱性衡准数值瞬态解研究             |        |
| 卜淑霞, 顾 民, 鲁 江 .....             | (1332) |
| 船舶骑浪/横甩薄弱性衡准计算研究                |        |
| 储纪龙, 鲁 江, 韩 阳, 顾 民 .....        | (1341) |
| 基于面元法的船舶参数横摇时域分析研究              |        |
| 储纪龙, 鲁 江, 吴乘胜, 顾 民 .....        | (1347) |
| 用大涡模拟方法数值模拟 Truss Spar 平台涡激运动问题 |        |
| 赵伟文, 万德成 .....                  | (1354) |
| 规则波中船舶迎浪航行波浪增阻数值计算              |        |
| 查若思, 沈志荣, 万德成 .....             | (1361) |
| 船舶驶入船闸过程水动力数值研究                 |        |
| 孟庆杰, 万德成 .....                  | (1368) |
| 海上浮式风力机叶片气动性能的数值模拟              |        |
| 赵文超, 万德成 .....                  | (1374) |
| 南海浮式码头与系泊系统动力耦合分析               |        |
| 王建华, 万德成 .....                  | (1381) |
| 基于 MPS 方法模拟带水平隔板的液体晃动           |        |
| 杨亚强, 张雨新, 唐振远, 万德成 .....        | (1388) |
| CRP-POD 前桨敞水性能数值模拟研究            |        |
| 任海奎, 陈昌运, 陈霞萍 .....             | (1394) |
| 三维弹性水翼的流固耦合数值模拟                 |        |
| 胡世良, 鲁传敬, 陈 鑫, 陈 瑛 .....        | (1403) |
| 使用 Numeca 软件的吊舱推进器敞水性能计算        |        |
| 吴 琼, 冯学梅, 贾力平, 沈兴荣, 蔡荣泉 .....   | (1410) |
| 船舶干扰水动力及操纵运动仿真研究                |        |
| 赵桥生, 匡晓峰, 韩阳, 魏 泽 .....         | (1416) |
| 水下航行体尾部摆动喷管燃气射流流动特性研究           |        |
| 李杰, 鲁传敬, 陈瑛, 宫兆新 .....          | (1422) |
| 基于 OShip 软件的船舶绕流场数值模拟与分析        |        |
| 苏 甲, 蒋武杰, 赵 强 .....             | (1428) |
| 导流板对集装箱船上层建筑风阻力影响研究             |        |
| 赵 强, 苏 甲, 陈京普 .....             | (1434) |
| 带节能装置的船体伴流尺度效应研究                |        |
| 黄少锋, 徐 杰 .....                  | (1440) |
| 大型液化气船线型优化与试验验证研究               |        |
| 蒋永旭, 柳卫东, 樊 涛, 李晓姣 .....        | (1447) |
| 箱型浮体横摇水动力系数粘流模拟的影响因素分析          |        |
| 程 锦, 马 山, 段文洋, 邓 锐 .....        | (1453) |
| 基于辐射能量法的船舶波阻增加的计算分析             |        |
| 洪亮, 朱仁传, 缪国平, 范菊 .....          | (1461) |
| RANKINE 源高阶面元法求解船舶阻力和航行姿态       |        |
| 陈曦, 朱仁传, 缪国平, 范菊 .....          | (1469) |



# 第十三届全国水动力学学术会议暨第二十六届全国水动力学研讨会文集

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 半主动拍动翼海流能采集系统的数值模拟                 |        |
| 滕录葆, 邓 见, 邵雪明 .....                | (1477) |
| 海洋超大型浮式结构物在不同连接器刚度下的运动响应           |        |
| 赖智萌, 程小明, 田 超, 张 凯 .....           | (1484) |
| 纯稳性丧失薄弱性衡准研究进展综述                   |        |
| 王田华, 顾 民, 曾 柯, 鲁 江 .....           | (1495) |
| 短波增阻的黏流数值计算方法研究                    |        |
| 王 杉, 蒋武杰, 陈京普, 赵 强, 苏 甲 .....      | (1502) |
| 基于 CFD 方法的前置预旋定子的节能机理研究            |        |
| 苗 飞, 黄国富, 黄树权 .....                | (1509) |
| 两种不同艏部线型的双体船 CFD 阻力数值评估分析          |        |
| 朱 锋, 李胜忠, 眭爱国, 倪其军 .....           | (1516) |
| 三维势流理论与切片法预报耐波性的数值比较               |        |
| 张凤伟, 匡晓峰, 范亚丽 .....                | (1525) |
| 双尾鳍油船的波浪增阻数值模拟研究                   |        |
| 蒋武杰, 吕永峰, 陈京普, 程红蓉, 魏锦芳 .....      | (1532) |
| 船舶水动力节能装置节能效果的数值评估方法研究             |        |
| 黄树权, 尹 琴, 苗 飞, 黄振宇 .....           | (1538) |
| 基于自航模拟的舵球式推力鳍装置节能机理分析              |        |
| 杨 立, 李鹏程, 苗 飞, 陈雷强, 尹 琴, 黄树权 ..... | (1545) |
| 前置节能导轮对螺旋桨空泡脉动压力性能影响研究             |        |
| 黄红波, 薛庆雨, 施小勇, 王建芳 .....           | (1551) |
| 前置定子节能效果数值模拟                       |        |
| 杨 帆, 陈霞萍, 陈昌运 .....                | (1561) |
| 某多用途船高效桨鳍开发应用                      |        |
| 李鹏程, 韩用波, 许 杨, 黄国富, 董郑庆, 严周广 ..... | (1570) |



# 超临界二氧化碳井筒内携岩机制研究

王瑞和\* 霍洪俊 倪红坚

(中国石油大学(华东), 青岛, 266580, Email: wangrh@upc.edu.cn)

**摘要:** 超临界二氧化碳作为黏井流体的新型钻井技术, 在非常规油气的勘探开发中极具应用潜力。但是由于其密度和粘度相对较小, 能否在钻井过程中有效地携带岩屑成为其关键技术之一。本研究从岩屑启动机制分析入手, 结合模拟实验, 系统分析了岩屑颗粒在直井段和斜井段的受力和运移规律, 揭示了超临界二氧化碳井筒内携岩机制, 初步证明了超临界二氧化碳流体携岩的可行性。研究表明, 在直井段, 岩屑颗粒的沉降速度随二氧化碳温度的升高而增大, 随压力的增大而降低; 在液态、超临界态和气态二氧化碳中, 沉降速度的变化幅度则是依次增大; 岩屑颗粒在二氧化碳处于气液平衡状态时, 其沉降速度低于纯液态二氧化碳中的, 而在二氧化碳由气态向超临界态转化时, 沉降速度先急剧增大, 后迅速降低, 有突变发生。随着井斜角的增大, 岩屑颗粒的受力运移方式逐渐发生变化, 岩屑的运移难度逐渐增大, 当井斜角大于  $15^\circ$  时, 岩屑的启动方式由上升方式变为滚动方式, 当井斜角处于  $50^\circ$ ~ $70^\circ$  范围内, 岩屑的运移最为困难。研究结果为超临界二氧化碳钻井技术的发展提供了理论支撑。

**关键词:** 超临界二氧化碳; 钻井; 携岩; 沉降; 试验研究

二氧化碳由于自身特殊的性质, 在油气的勘探、开发领域中具有广泛的应用。进一步的研究表明, 当二氧化碳处于超临界态时(温度高于  $31.4^\circ\text{C}$ , 压力高于  $7.38\text{MPa}$ ), 其性质介于气体与液体之间, 既具有气体的低界面张力和易扩散性, 同时又具有类似液体的高密度和溶解溶质特性, 具有超强的流动、渗透和传递特性。用其作为射流介质进行的射流破岩实验结果表明, 它具有远低于水射流的门限压力和良好的破岩效果, 且具有优越的储层保护特性<sup>[1-2]</sup>, 尤其是近几年页岩气成为重要的接替能源, 超临界二氧化碳用于页岩气的钻井、压裂具有不伤害储层, 提高页岩气采收率等明显优势, 因而受到钻完井领域的高度重视。2000年 J.J. Kollé 和 M. H. Marvin 进行了超临界二氧化碳射流破岩实验研究, 并分析

\*王瑞和(1957-), 男, 山东省莒县人。教授, 博士, 博士生导师; 主要从事油气井工程流体力学、岩石力学及新工艺技术方面的研究工作。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)课题“超临界二氧化碳破岩及井筒控制理论”(编号: 2014CB239202); 国家自然科学基金重点项目“超临界二氧化碳在非常规油气藏中应用的基础研究”(编号: 51034007); 山东省自然基金“稠油油藏超临界二氧化碳连续管钻井理论与关键技术”(编号: ZR2011EEZ003)