



# 中国科学院流固耦合系统力学 重点实验室

Key Laboratory for Mechanics in Fluid Solid Coupling Systems  
Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences

## 季 报

2014 年第 1 期 (总第 1 期)

### 目 录

- 流固耦合系统力学重点实验室召开 2013 年度学术年会 .....1
- 国家科技支撑计划课题“高速列车空气动力学优化设计及评估技术”召开结题技术验收会 .....3
- 国家自然科学基金重点项目“水动力作用下土体结构破坏和致灾机理研究”顺利通过结题审查 .....4
- 973 计划项目“重大工程地质灾害的预测理论及数值分析方法研究”召开 2013 年度总结大会 .....5
- 中国科学院知识创新工程重大项目“石油开采中的若干关键科学问题与技术应用示范”顺利通过课题内部验收 .....6
- 国家产学研用合作创新项目子课题“油页岩原位转化渗流特性”顺利通过结题验收 .....7
- 国土资源部中国地质调查局 127 工程工作项目子课题“羌塘天然气水合物钻探试验井岩心中水合物生成模拟研究”取得重要阶段性进展 .....8
- 重大工程项目“基于数字模拟的露天爆破设计软件开发”正式启动 .....9

- 973 计划项目子课题“微尺度下致密油流动机理研究”与院先导专项子课题“页岩储层复杂缝网形成的多因素分析与优化”正式启动 .....9
- 西藏澜沧江如美水电站重大工程项目合作取得进展 .....10
- 院先导专项子课题“毫-微-纳尺度孔隙介质内甲烷输运规律研究”召开研讨会.....11
- 宋宏伟参加国家自然科学基金“临近空间重大研究计划”集成项目研究成果专题研讨会 .....11
- 美国麻省理工学院俞久平教授来访并做学术报告 .....12
- 英国伦敦大学学院吴国雄教授来访并做学术报告 .....12
- 大直径单桩基础极限平衡冲刷深度预测模型 .....13
- 新型复合高效油水分离技术研究取得阶段性进展 .....15
- 《复杂水动力条件下水体-泥沙-污染物的动态耦合环境效应》研究状况.....16
- 《厚层块状油藏立体开发机理研究》项目实验装置验收 .....16
- 工程地质体的材料力学特性与典型滑坡灾害的成因研究 .....17
- 金属点阵夹层板热屈曲实验研究进展 .....20
- 2014 年国家自然科学基金项目申请情况 .....21
- 2014 年国家自然科学基金项目青年科学基金项目申请情况 .....21

## 流固耦合系统力学重点实验室召开 2013 年度学术年会

2014 年 2 月 19 日至 20 日, 中国科学院流固耦合系统力学重点实验室 (LMFS) 召开了 2013 年度学术年会。力学所郑哲敏院士、李家春院士、吴承康院士、胡文瑞院士, 中国海洋石油总公司曾恒一院士、中国水利水电科学研究院陈祖煜院士, 中科院前沿科学与教育局实验室处副处长薛艳杰、技术科学处主管于洁, 力学所党委书记乔均录, 副所长戴兰宏、杨亚政、所长助理朱涛, 力学所相关职能部门和兄弟实验室领导, 以及来自中国海洋石油总公司、北京交通大学、中国船舶科学研究中心、中国水利水电科学研究院、航天科技集团一院、中国科学院大气物理研究所、中国可再生能源学会风能专业委员会、北京航空航天大学以及上海交通大学等单位的学术委员会委员, LMFS 全体工作人员和研究生 160 余人参加了年会。

开幕式由 LMFS 副主任杨国伟研究员主持。乔均录代表力学所对远道而来的嘉宾表示欢迎, 对实验室取得的成绩表示了肯定, 要求实验室进一步凝练重大目标, 并祝愿实验室在新的一年里取得更大的成绩。薛艳杰和于洁对实验室的研究基础以及平台建设表示肯定, 希望实验室能够在未来有好的发展, 并表示愿意为实验室的发展做好服务。LMFS 学术委员会名誉主任郑哲敏院士祝贺 LMFS 的成立, 并从工程科学的高度对实验室如何做好科研工作提出了严格要求和殷切期望。LMFS 学术委员会主任李家春院士回顾了实验室成立的背景, 进一步强调工程科学思想的指导意义, 希望能为国家建设和学科发展做出更多的贡献。实验室主任黄晨光介绍了流固耦合系统力学重点实验室的总体情况和 2013 年的工作进展。

开幕式结束后, LMFS 召开了第一次学术委员会, 会议由李家春院士主持, 学术委员会成员围绕实验室发展方向、研究重点、能力建设和管理工作等方面展开热烈的讨论, 并提出了积极、中肯的意见和建议。同时, 来自产业部门的委员希望能够进一步推进与实验室的战略合作, 共同为国家重大需求做出贡献。

此次年会共安排六个邀请报告。中国海洋石油总公司曾恒一院

士、中国科学院数学与系统科学研究院崔俊芝院士、中国船舶科学研究中心沈泓萃研究员、力学所李家春院士、吴应湘研究员、杨国伟研究员分别作了“建设海洋强国的一些思考”、“周期性复合材料板弯曲的二阶双尺度分析”、“GF 水动力学基础研究前沿科学问题探讨”、“极端水文气象灾害: 机理与对策”、“油气开发中的产液处理新技术”、“高速列车空气动力学研究进展”的报告。上述报告对于相关领域的科技需求、研究进展和发展趋势等进行了系统、深入的评述。

20 日上午, LMFS 召开了青年学术报告会。LMFS 青年学术论坛负责人臧志鹏副研究员、张旭辉副研究员分别主持会议, 臧志鹏副研究员对论坛的宗旨与活动形式做了详细的介绍。随后李家春院士、黄晨光主任对青年论坛的建设提出了建议, 希望实验室的青年研究人员能够借此平台进行深入研讨, 分享研究心得, 共同成长、共同进步。随后 LMFS 青年科技人员张旭辉、范永波、胡存、廖丽涓、安翼、江文滨等分别作了学术报告。与会人员围绕报告主题进行了热烈的学术讨论。



LMFS 实验室供稿

## 国家科技支撑计划课题“高速列车空气动力学优化设计及评估技术”召开结题技术验收会

2014 年 3 月 28 日, 受科技部委托, 中国铁路总公司组织专家在北京召开了“十一五”国家科技支撑计划重大项目“中国高速列车关键技术研究及装备研制”——课题三“高速列车空气动力学优化设计及评估技术”技术验收会。由铁科院、中国南车、中国北车、中科院电工所、29 基地、中南大学、清华大学、北航、西工大、兰州交大等单位的专家组成验收组。中国铁路总公司齐延辉处长、李永恒处长、苗蕾处长参加了验收会, 与会专家认真听取了课题负责人杨国伟研究员的技术验收汇报, 审阅了验收资料。通过质询和讨论, 认为课题完成了任务书要求的各项工作、达到了预期目标。一致同意课题通过技术验收。专家组主要意见如下:

1. 课题建成了高速列车空气动力学数值仿真平台; 完成了高速列车空气动力学运动行为、头型族与外形族等优化设计方案、不同运行场景下运行安全评估技术、气动设计规范和气动安全评估等课题任务书规定研究内容。研究成果已应用于我国新一代高速列车 CRH380A 和 CRH380B 的气动方案定型设计。

2. 课题建成了最高试验速度 500 公里/小时、缩比 1:8、双向运行的大型动模型实验平台; 搭建了模拟高速列车气动性能、气动噪声、复杂运行场景和优化设计等的高速列车空气动力学仿真平台; 基于气动噪声风洞, 建立了高速列车气动性能和气动噪声测试手段和方法。课题研究成果为我国高速列车空气动力学设计提供了有力的技术支撑。

LMFS 流固耦合与数值计算课题组供稿

## 国家自然科学基金重点项目“水动力作用下土体结构破坏和致灾机理研究”顺利通过结题审查

2014 年 3 月 11 日, LMFS 李家春院士负责的自然科学基金重点项目“水动力作用下土体结构破坏和致灾机理研究”参加了“2014 年度数理科学部重点项目结题审查会议”, 刘青泉研究员受李院士委托, 代表项目组做了项目完成情况的汇报。该项目研究了水动力作用下土体介质的力学特性及土体破坏致灾机理。积累了大量有关溃坝和滑坡的实验和现场观测数据, 可供后续研究利用。提出了数值三轴仪的概念, 改进离散元方法, 从土体细观结构入手, 研究了土体的宏观力学特性; 提出了裂隙介质宏观特性的统计描述方法和裂隙网络等效渗透率张量的算法。采用数值拟合方法, 得到了不同地区不同类型土的含水量与抗剪强度参数之间的定量关系。此外, 还采用室内实验, 研究了颗粒级配, 粘性土含量, 干密度等对粘聚力、摩擦角的影响规律。采用室内实验, 研究了堤坝在水流作用下的冲刷破坏机制, 并进而建立了溃坝水沙动力学耦合过程的双层积分模型; 发展了求解水沙动力学耦合模型的动态网格技术, 提高了计算效率; 针对管涌、流土导致的堤防溃决问题, 建立了模拟渗透破坏导致土体流失过程的数学模型, 分析了渗透破坏导致堤防垮塌的机理; 考虑了水渗流和土体强度软化, 详细研究并分析了土体特征参数、降雨、库水位涨落对边坡稳定性的影响规律, 并进而建立了降雨/库水位涨落与库岸边坡失稳的耦合动力学模型; 改进了 SPH 方法, 使之能够模拟堤坝垮塌过程和水流与块石耦合作用过程。作为研究案例, 成功模拟了唐家山堰塞坝的溃决过程; 分析了重庆万州花园滑坡体、农机技校、汪家院子三种不同类型滑坡体的稳定性; 计算了长河坝水电站孔隙水、土体、结构的耦合作用。期间, 发表了学术论文 85 篇, 其中 SCI 收录的期刊论文 23 篇, 重要学术会议邀请报告 6 人次。项目组成员吴梦喜高工获中国电力建设集团有限公司 (部级) 科技进步三等奖。

LMFS 流域水环境课题组供稿

## 973 计划项目“重大工程地质灾害的预测理论及数值分析方法研究”召开 2013 年度总结大会

2014 年 2 月 27 日, 李世海研究员主持了国家重大基础研究发展计划 (973 计划) 项目“重大工程地质灾害的预测理论及数值分析方法研究”2013 年度总结大会。来自北京大学、清华大学、北京科技大学、大连理工大学、中国科学院地质与地球物理研究所以及中国科学院数学与系统科学研究院等单位的 20 多位相关课题负责人和代表应邀参加了此次会议。会议总结了 2013 年 8 月份以来项目各课题的研究进展和成果, 规划了 2014 年的研究内容和目标, 并部署了今年项目结题的相关准备工作。2013 年至今, 项目在大型滑坡地质灾害的预测评价理论、典型滑坡的成灾机理、工程尺度下重大地质灾害数值模拟方法和技术以及实验和细观尺度下的地质体损伤破裂机理等多个方面取得突出进展, 发表论文 80 余篇 (其中 SCI、EI 收录 51 篇), 申请发明专利 10 项, 进展顺利, 圆满完成了 2013 年度计划。会议进一步指出, 各课题需继续加强交流与合作, 在 2014 年寻求新的突破, 并根据部署积极准备年底的项目结题工作。会议气氛热烈, 在多项重要问题上达成共识, 取得圆满成功。



LMFS 工程地质力学及应用课题组供稿

## 中国科学院知识创新工程重大项目“石油开采中的若干关键科学问题与技术应用示范”顺利通过课题内部验收

2014 年 3 月 20 日, 中国科学院力学研究所在北京组织专家对中国科学院知识创新工程重大项目“石油开采中的若干关键科学问题与技术应用示范”的 4 个子课题进行了验收。与会专家和领导认真听取了各个子课题的结题汇报, 并审阅了验收资料。通过质询和讨论, 专家组认为各子课题全面完成了课题任务书安排的研究内容, 达到了预期目标, 部分成果达到国际先进水平, 一致同意通过验收。专家组对项目的主要评价:

(1) 完成了多相多组分非线性渗流机理及数值方法、高精度测试设备研制开发、石油工程数值分析与模拟软件、驱油体系分子结构与驱油性能之间的关系、两亲聚合物驱油机理、高效驱油体系的构筑与中试放大生产、油气水多相计量、管道式油气水高效分离技术、化学驱采出液破乳及分离技术、新型降黏降凝剂等方面的研究, 并分别在大庆油田、内蒙古油田、辽河油田、胜利油田、绥中处理厂、南海生产平台等工业现场顺利完成现场应用示范, 均取得预期的效果。同时, 在完成的任务书中计划的内容中, 并在相关领域进行了较大程度的扩展, 取得了一系列突破性成果, 形成一套具有完全自主知识产权的应用于石油开采和后续处理的生产设备和方案, 主要包括: 油藏数值分析模拟软件和测井技术、高效驱油体系、油气水多相计量与高效管道式分离技术、新型降黏降凝剂, 具有广泛的应用前景和推广价值。

(2) 产业化成果中, “油藏数值分析模拟软件及测试技术”在大庆油田建立了油藏数值软件示范基地, 并与大庆油田测试服务分公司合作, 对该成果进行推广; “高效驱油体系的设计与研究”在内蒙古西北部、乌拉特中旗、巴音杭盖苏木进行了 6 口注入井的稠油降黏开采中试实验, 取得预期的使用效果; “油气水多相计量与产出液高效分离技术”分别在大庆采油九厂、波西处理厂、辽河油田、南海陆丰海上采油平台、胜利油田等生产现场进行各个分离技术的中试和应用, 性能指标达到国际先进水平; “新型降黏降凝剂在原油输运中的

应用”分别在燕郊和廊坊建成中试生产线和办工业化生产线，产品在东北管网投入使用，具有较好的效果。目前，项目中取得的成果性能均达到国际先进水平，且具有自主知识产权，部分成果已形成工业化应用，并得到相关领域专家的高度认可，下一步将加强与中石油、中石化和中海油等单位合作，重点对项目成果进行应用推广，具有广泛的应用前景。

项目进行过程中，共发表论文119篇（SCI/EI收录84篇），出版专著3本，申请国际发明专利6项、国内发明专利29项（已授权12项）、实用新型专利2项（已授权2项），获得软件著作权8个，培养博士后12名、博士生38名、硕士生20名，获得国家杰出青年基金资助1人，科学院院地合作奖先进个人二等奖1人。



LMFS 多相流体力学课题组供稿

## 国家产学研用合作创新项目子课题“油页岩原位转化渗流特性”顺利通过结题验收

2014年1月12日，李勇副研究员参加了由吉林大学在长春举办的国家潜在油气资源（油页岩勘探开发利用）产学研用合作创新建设项目的子课题/子平台成果验收会，做了题为“油页岩原位转化渗流特性”的子课题验收报告。该课题建立了针对油页岩原位电法加热开发的热

-流-固耦合数学模型, 考虑了温度、油页岩与流体物性三者之间的动态耦合, 模拟了原位电法加热开发过程, 对比分析了不同耦合方式下温度和采收率的变化规律, 获得了温度和孔隙度随空间、时间的分布特征。该课题历时三年, 主要贡献是提出了油页岩原位开采中的热-流-固多场耦合数值模拟方法。这一工作得到与会专家的充分认可, 顺利通过了项目考核组的验收。

LMFS 海洋环境与工程应用课题组供稿

## 国土资源部中国地质调查局 127 工程项目子课题“羌塘天然气水合物钻探试验井岩心中水合物生成模拟研究”取得重要阶段性进展

本课题来源于《羌塘盆地天然气水合物资源勘查(钻探试验井单井综合评价)》(项目编号: GZHL20110308)。课题由流固耦合系统力学重点实验室海洋土力学与水合物模拟实验室张旭辉副研究员负责。课题研究起止年限为: 2011 年-2014 年。

通过本课题的研究工作, 获得了我国祁连山冻土区和羌塘冻土区钻探岩心的最基础的物理力学参数, 包括孔隙度、渗透率、传热系数、孔隙分布、电阻率等; 探讨了含裂隙岩心中水合物生成的影响因素, 发现裂隙中水合物的填充程度主要取决于气-水接触面积和流体流动。本课题这一阶段研究结果在 2014 年度成果报告评审中获得优秀评价, 可为我国冻土区水合物成藏评价和进一步勘探提供参考依据。



(a) 含裂隙岩心中水合物生成 (b) 含裂隙岩心中水合物生成

图 1 含裂隙岩心中水合物生成实验模拟

LMFS 土力学课题组供稿

## 重大工程项目“基于数字模拟的露天爆破设计软件开发”正式启动

LMFS 工程地质力学及应用课题组与广东宏大爆破股份有限公司的合作项目“基于数字模拟的露天爆破设计软件开发”于 2014 年 2 月 28 日正式启动。该项目为期三年,重点研究爆破参数及岩体力学性能对矿石块度及爆堆形态的影响规律,最终形成基于 CDEM 数值方法及 GPU 加速技术的深孔爆破优化设计软件。LMFS 李世海团队向宏大公司的相关负责人汇报了项目的实施方案、人员安排及工作进度安排等。2014 年 3 月 10-12 日,团队相关人员前往鞍钢集团矿业公司进行了技术交流,并参观了鞍钢齐大山矿区,深入了解了深孔爆破的作业过程、技术细节及面临的工程问题。



图为鞍钢齐大山矿区现场考察

LMFS 工程地质力学及应用课题组供稿

## 973 计划项目子课题“微尺度下致密油流动机理研究”与院先导专项子课题“页岩储层复杂缝网形成的多因素分析与优化”正式启动

2014 年 2 月 22 日,国家 973 计划“中国陆相致密油(页岩油)形成机理与富集规律基础研究”项目启动会在中国石油勘探开发研究院科技会议中心举行。该项目针对非常规致密油(页岩油)的沉积机理、

分布模式、致密储层成因机制、储集能力等关键科学问题开展基础研究,立足鄂尔多斯、准噶尔、松辽、渤海湾和四川等盆地,解决中国陆相致密油(页岩油)资源潜力评价、有利区预测、储产量发展三大勘探生产需求。LMFS 海洋环境与工程应用课题组承担了“微尺度下致密油流动机理研究”子课题。

LMFS 工程地质力学及应用课题组承担的中国科学院战略性先导科技专项 B 类子课题“复杂缝网形成的多因素分析与优化”(XDB10030303)于 2014 年 1 月正式启动。该项目主要是利用现有的现场和实验资料,开展理论分析和数值模拟,研究岩体物理力学属性、岩体赋存状态及压裂施工工艺等因素对页岩体裂缝网络的影响规律,旨在形成一套基于数值模拟的不同地质环境下页岩体压裂工艺选取原则及相关压裂参数的优化设计方法。

LMFS 海洋环境与工程应用、工程地质力学及应用课题组供稿

## 西藏澜沧江如美水电站重大工程项目合作取得进展

由中水顾问集团贵阳勘测设计院(下称贵阳院)正在进行可行性研究的西藏澜沧江如美水电站,由于地处高海拔高寒藏区,主坝又是高达 315m(世界最高)的心墙堆石坝,存在一系列岩土力学和流固耦合工程难题。LMFS 流域水环境课题组与贵阳院和维也纳工程咨询公司就如美的环境地质灾害研究进行了多次合作交流。2014 年 3 月 3 日,贵阳院以会议纪要的形式,确定贵阳院、力学所和维也纳工程咨询公司等三家单位成立合作联盟,共同承担如美水电站库区堆积体、枢纽区碎裂卸荷边坡及绒曲泥石流风险评估技术合作,项目预算经费 1200 万。基于此项目,我们还和贵阳院及奥地利 Wenzel 教授合作,向欧盟申报“关于水电站安全研究”的国际合作项目,4 月 1 日将完成全部申报工作。吴梦喜高工还代表力学所参与以如美水电站大坝为依托的国家十二五科技支撑计划项目:“水电大坝建设关键技术研究”课题中专题“高心墙堆石坝变形特性与控制技术研究”。

LMFS 流域水环境课题组供稿

## 院先导专项子课题“毫-微-纳尺度孔隙介质内甲烷输运规律研究”召开研讨会

2014 年 2 月 24 日, 院战略性先导科技专项 (B 类) “页岩气勘探开发基础理论与关键技术”中的“页岩气微观赋存状态及扩散流动”项目研讨会在北京召开。该项目聚焦于微尺度孔隙页岩, 以查明储气量和可开采量为目标, 为页岩气专项提供理论基础。LMFS 海洋环境与工程应用课题组承担了“毫-微-纳尺度孔隙介质内甲烷输运规律研究”子课题。为保证 2014 年工作的顺利开展, 与会人员主要探讨了课题间的数据共享、协同合作等事宜。

LMFS 海洋环境与工程应用课题组供稿

## 宋宏伟参加国家自然科学基金“临近空间重大研究计划”集成项目研究成果专题研讨会

2014 年 2 月 26 日, 宋宏伟副研究员参加了在长沙举办的国家自然科学基金“临近空间重大研究计划”集成项目研究成果专题研讨会, 并应邀作了题为“新型轻质主动冷却壁板的设计与制备方法研究”的报告。此次会议由自然科学基金主办, 国防科学技术大学和哈尔滨工业大学协办, 邀请了国内相关领域近 40 位专家出席会议, 参加会议的包括杜善义院士, 程耿东院士, 方岱宁院士, 乐嘉陵院士, 张立同院士等著名专家, 以及基金委数理学部的汲培文主任、孟庆国副主任, 力学处的詹世革处长。



LMFS 冲击与耦合效应课题组供稿

## 美国麻省理工学院俞久平教授来访并做学术报告

2014 年 3 月 18 日, 应 LMFS 李家春院士、周济福研究员邀请, 美国麻省理工学院机械工程系海洋工程中心俞久平教授访问了流固耦合系统力学重点实验室。俞久平教授长期从事海洋流体力学和海洋工程科学的研究与教学, 在理论与计算水动力学、水波动力学、船舶与海洋结构的大幅运动和载荷、鱼游水动力学、海气相互作用等方面取得丰富的研究成果, 在国际上享有盛誉。此次来访, 俞久平教授做了题为“Large-scale phase-resolved simulation of nonlinear ocean wavefields”的报告, 提出了一种可以分辨相位的非线性波场模拟方法, 利用该方法可确定畸形波发生的时间和空间位置, 并可能进一步寻找最优的行船路径。流固耦合系统力学重点实验室 30 余名师生认真听取了俞久平教授的报告, 并与他进行了细致的讨论。

LMFS 流域水环境课题组供稿

## 英国伦敦大学学院吴国雄教授来访并做学术报告

2014 年 3 月 28 日, 应李家春院士邀请, 英国伦敦大学学院的吴国雄教授访问了力学所。吴国雄教授是中组部首批“千人计划”教授, 长江学者讲座教授。多年来, 对流体力学进行了广泛的研究, 尤其是对流体力学的工程应用进行了深入研究, 是 20 个英国大型国家海洋工程研发项目在伦敦大学学院的负责人之一。此次来访, 吴国雄教授针对目前有着广泛工程应用的流固冲击问题做了题为“Fluid/Structure Impact”的报告, 主要介绍了一种基于势流理论和边界元方法求解结构入水问题的方法。报告详细讨论了楔形刚体以常速、变速和自由落体方式正入水和斜入水问题, 弹性楔形体的斜入水问题, 膨胀体的入水问题。同时介绍了液滴和射流对结构的冲击问题以及液体之间的碰撞问题。与会人员认真听取了报告并就感兴趣的问题进行了热烈的讨论。



LMFS 流域水环境课题组供稿

## 大直径单桩基础极限平衡冲刷深度预测模型

单桩基础 (Monopile) 是海上风机的典型基础型式。鉴于其直径大 (通常直径 4~7 米), 当前主要针对传统桩基础和桥墩的冲刷预测模型难以直接应用。与河流环境中桥墩冲刷不同, 海上风机单桩基冲刷过程, 涉及波流共同作用下水土界面冲刷动力演变并伴有土体内部超静孔隙水压响应。

采用大型流固土耦合水槽实验, 对“波浪/海流-桩基-土体”之间的流固土耦合作用过程进行了物理模拟 (实验布置如图 1 所示)。实验测试发现, 在波浪场中引入单向水流改变了桩体周围的流场结构和孔隙水压分布。马蹄涡与冲刷范围有着较好的关联性 (见图 2)。基于以上物理观测和相似理论分析, 提出了基于平均流速定义的 Froude 数 ( $Fra$ ), 建立了极限平衡冲刷深度 ( $S/D$ ) 与  $Fra$  之间的经验分析模型:

$$\lg(S/D) = -0.80 \exp(0.14/Fra_a) + 1.11 \quad (0.1 < Fra_a < 1.1, 0.4 < KC < 26)$$

该模型可为单桩基础冲刷深度的预测分析提供科学依据。

以上研究进展已被期刊 *Science China Technological Sciences* 录用, 近期发表。(Qi W G, Gao F P. Equilibrium scour depth at offshore

monopile foundation in combined waves and current. Science China Technological Sciences, 2014, In Press)

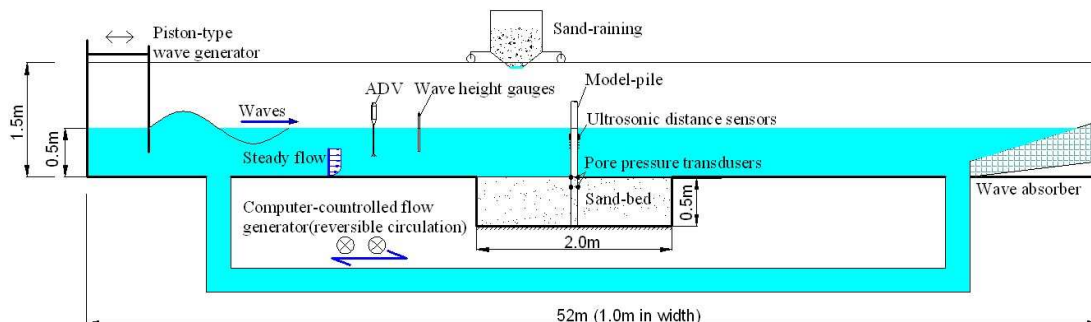


图 1. 波流载荷下桩基冲刷的实验布置图

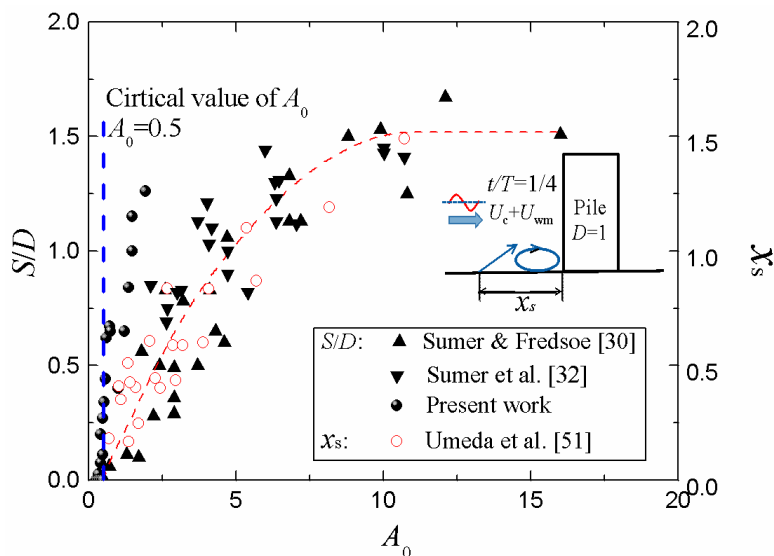


图 2. 单桩局部冲刷深度与马蹄涡的关联性

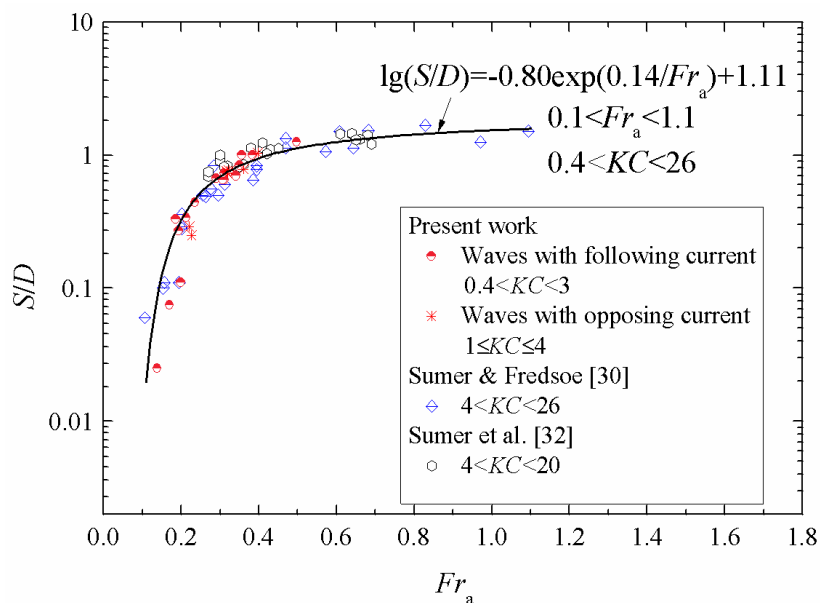


图 3. 极限平衡冲刷深度随基于平均流速的 Froude 数的变化

LMFS 流固土耦合课题组供稿

## 新型复合高效油水分离技术研究取得阶段性进展

针对海上污水处理，中国科学院力学研究所与中海石油（中国）有限公司深圳分公司的合作，将旋流分离技术引入微气泡浮选器装置，通过集成创新和技术突破，研制出具有自主创新的紧凑型污水处理装置（如下图所示）。目前，该设备已经制造完成并通过了中国船级社的 CCS 认证，目前在陆地进行设备调试，为下一步的海上平台测试做准备。设备的主要技术指标为：

- 1) 系统水源 $<0.6\text{MPa}$ ;
- 2) 平台设备防爆等级：ExdIIBT4;
- 3) 室外电器设备 IP 等级：IP55-56;
- 4) 单撬块重量：3 吨;
- 5) 气浮选罐单体橇尺寸： $3500\text{mm}\times 2000\text{mm}\times 2000\text{mm}$ ;
- 6) 工作介质：油田含油污水;
- 7) 系统处理能力： $10\text{m}^3/\text{h}$ ;
- 8) 来液含油量： $<300\text{mg/L}$
- 9) 来液温度  $35\text{-}100^\circ\text{C}$ ;
- 10) 来液 PH 值：6~9;
- 11) 装置出水油的质量浓度： $<15\text{ mg/L}$ ;
- 12) 样机材质：主体气浮选罐体为 304 不锈钢材质;
- 13) 装置系统耐压等级： $<1.0\text{MPa}$ 。



图 新型复合高效油水分离与计量装置（中国船级社认证）

LMFS 多相流体力学课题组供稿

## 《复杂水动力条件下水体-泥沙-污染物的动态耦合环境效应》研究状况

长期以来关于水底底泥中污染物的扩散问题往往关注在水-底床的交界面附近。而在实际情况下,特别是在近岸带,污染物已随着时间的积累侵透了底泥。为此课题组建立了波流(波浪+单向流)-底床(多孔介质)动态耦合模型。该模型的特点是充分考虑了多孔介质底泥中污染物的吸附解吸机制。研究表明上覆水体流动较为缓慢时,污染物释放主要以底泥-水界面处污染物向上覆水体扩散迁移释放为主,污染物扩散通量主要与上覆水体停留时间、水体污染物含量以及水深有关。图 1 所示为流速为 0.1 m/s 时上覆水体污染物浓度数值模拟结果与上海大学上海市应用数学和力学研究所实验数据的对比。

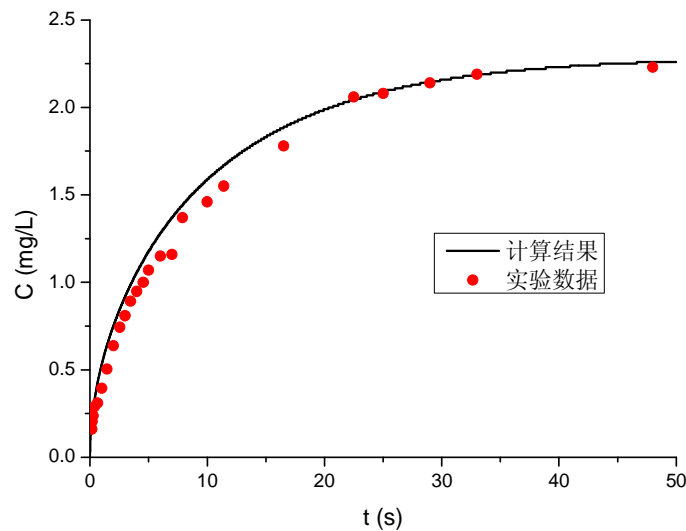


图 1 单向流条件下上覆水体污染物浓度计算结果与实验数据的对比

LMFS 海洋环境与工程应用课题组供稿

## 《厚层块状油藏立体开发机理研究》项目实验装置验收

2014 年 2 月 13 日,课题组承担的辽河油田“厚层块状油藏立体开发机理研究”项目实验装置验收会议在辽河油田勘探开发研究院试验所召开。课题组向辽河油田相关专家汇报了立体开发实验装置的设计原理、操作流程,并现场演示了实验装置的操作方法。整套装置为

厚层油藏弹性重力驱实验提供了新的方法,得到了油田方面的高度肯定。

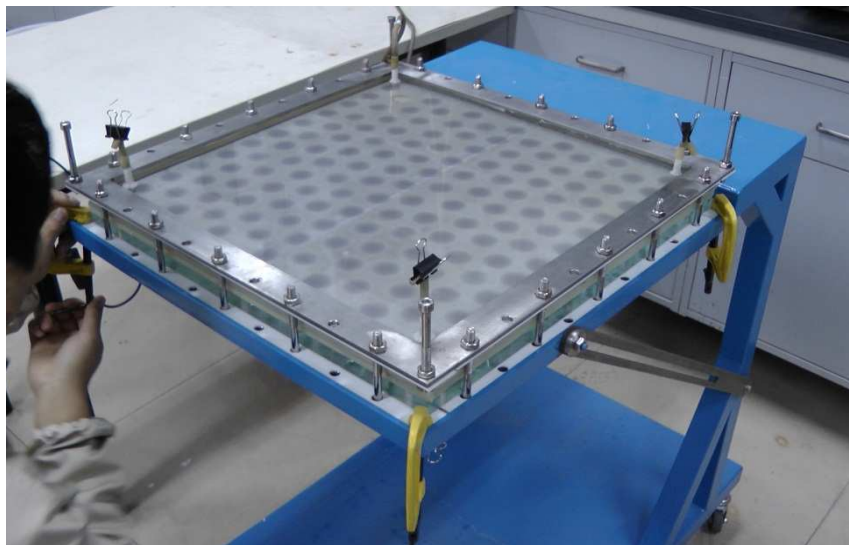


图 2 厚层块状油藏立体开发物模实验装置图

LMFS 海洋环境与工程应用课题组供稿

## 工程地质体的材料力学特性与典型滑坡灾害的成因研究

课题组第一季度针对地质体特性和典型滑坡灾害,从理论、实验和数值计算 3 个方面开展研究,在地质体材料的力学特性描述、地质材料实验特性以及工程尺度大规模数值计算方法上取得一定进展。

在理论模型方面,基于损伤元与弹性元串联的双弹簧系统,探讨了代表性体积单元尺度下的本构模型(损伤元模型)与宏观本构模型(双弹簧模型)的区别与联系,给出了宏观意义下应变强度分布模型(抛物线型损伤模型)及线性损伤模型出现连续损伤的临界条件,解释了 CDEM 程序模型多单元系统单轴压缩实验时宏观本构曲线过脆的现象。分析结果表明,弹性元与损伤元的初始刚度比是表征宏观本构曲线特征的关键量。以应变强度分布模型为例,当刚度比大于 1,宏观本构曲线可出现连续损伤;当刚度比小于 1,宏观本构曲线将在峰后出现突出下降,表现出脆性特征。

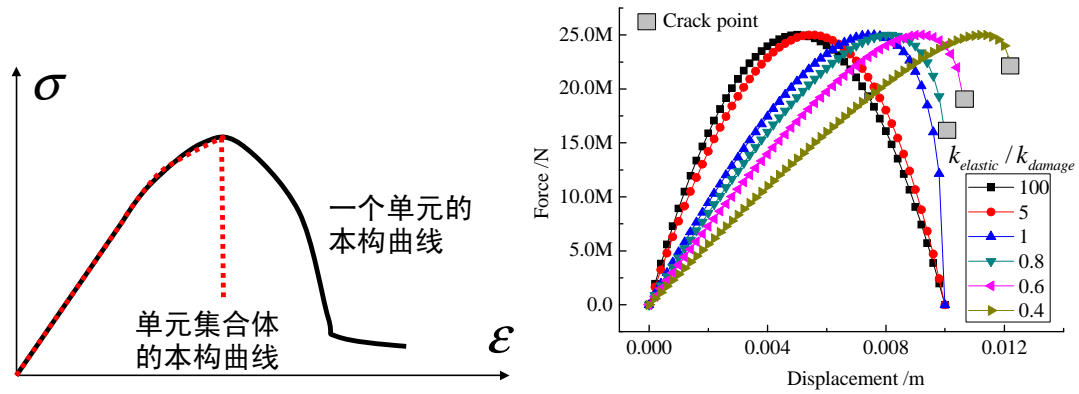


图 1 基于应变强度分布模型的双弹簧系统本构曲线

在实验方面, 开展了滑带土 (不同粒径的砂土和粘土) 环剪残余强度试验研究, 发现存在剪切分层现象, 通过试验, 获得各层土的颗粒分布曲线, 数据表明, 由上而下, 各层土细颗粒含量逐渐减少, 粗颗粒含量逐渐增加, 并且随着剪切圈数的增加, 这种规律逐渐增强。

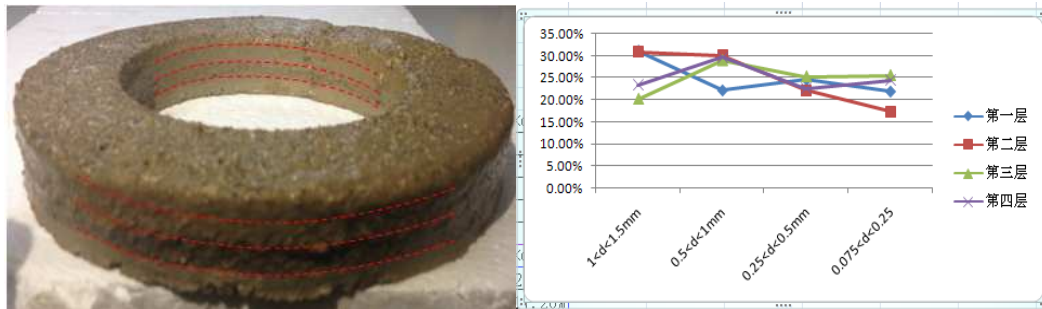


图 2 滑带土环剪残余强度试验试样和结果

在数值算法方面, 进一步优化了接触算法和并行计算效率, 并对典型滑坡灾害体——鸡尾山滑坡开展了数值分析和成灾机理研究。通过滑源区、全区域模型的分析, 鸡尾山滑坡岩体被 2 组近正交结构面及软弱岩层切割成“积木块”状; 由于软弱滑带、岩溶带的存在, 滑体沿 NW 方向蠕动, 前缘不断受压破碎, 形成关键块体; 关键块体继续受后缘挤压, 其运动方向转向临空面; 前端块体崩落为释放了滑动空间, 出现连锁式的滑动破坏。数值模拟再现了以上过程, 得出与现场近似一致的堆积区分布特征, 说明了上述启动机理和失稳过程的合理性。

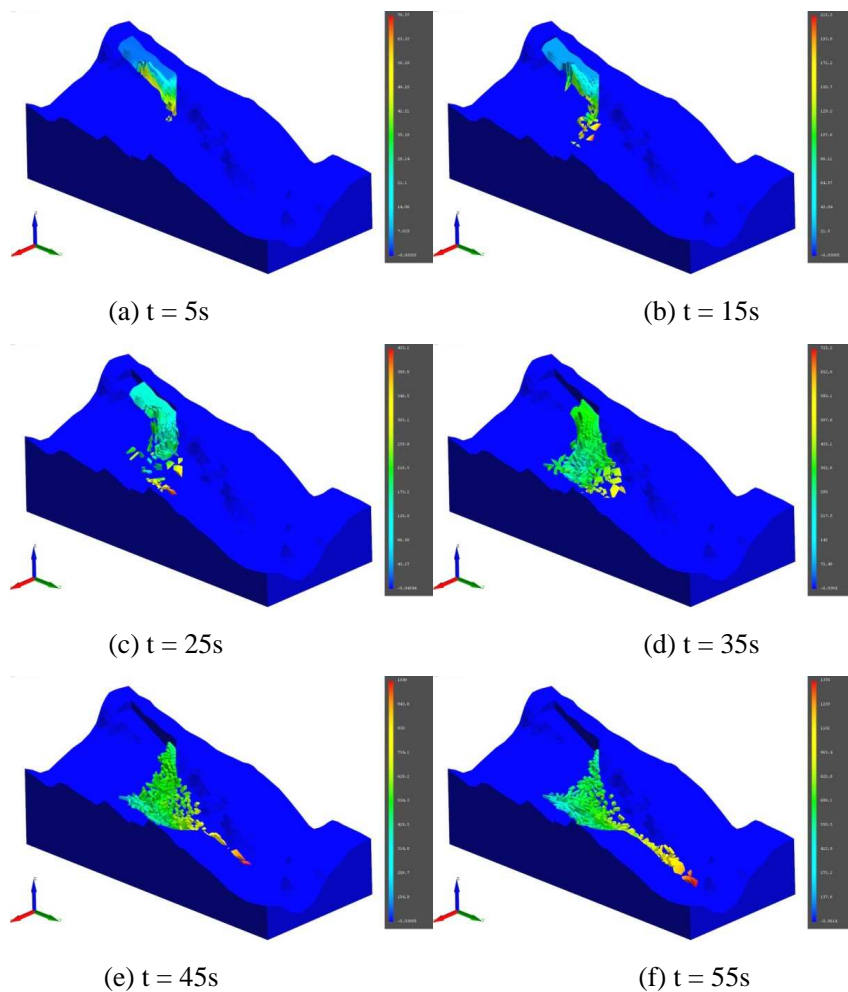


图 3 鸡尾山滑坡运动破坏过程(Y 向位移云图)(单位: m)

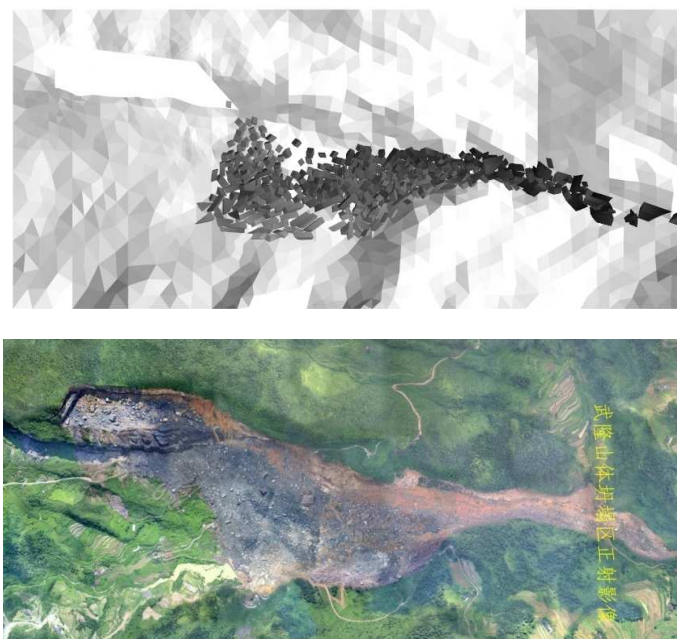


图 4 鸡尾山滑坡数值结果与现场影像堆积形态对比

LMFS 工程地质力学及应用课题组供稿

## 金属点阵夹层板热屈曲实验研究进展

热屈曲是金属热防护结构主要的失效形式之一。然而，对金属夹层板开展热屈曲实验研究具有相当的难度：一是热-机械加载的相互冲突是长期困扰研究者的难题，二是高温环境下常规的单点、接触式的测量方式也很难适用。我们利用夹具与试件的热膨胀系数差异来提供面内压力，基于 3D-DIC 技术建立了适用于高温环境测量的全场变形测试系统。基于建立起来的实验装备和测量系统，获得了点阵夹层板的瞬态全场变形过程。研究表明，在温度达到 350℃ 以后，夹层板的失效模式包括整体的热屈曲变形和局部的屈服变形。对于此类结构的失效机理和结构设计提供了基础性支撑。

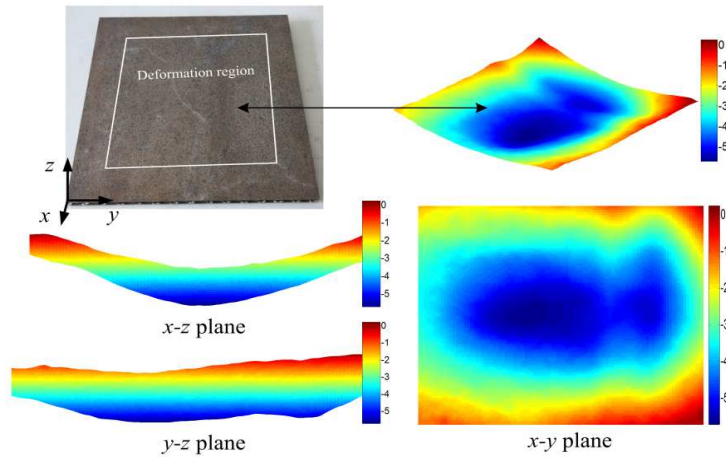


图 1、3D-DIC 测量获得的夹层板三维变形形貌

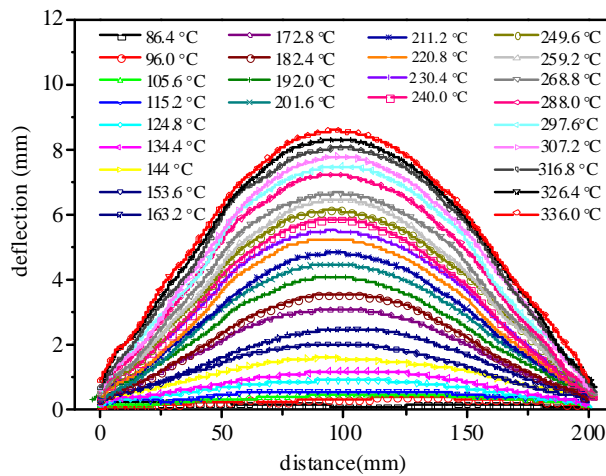


图 2、金属薄板热屈曲瞬态变形过程

LMFS 冲击与耦合效应课题组供稿

**2014 年国家自然科学基金项目申请情况**

序号	申请人	职称	项目名称
1	黄晨光	研究员	瞬态流 (热) 固耦合效应与机理研究
2	刘青泉	研究员	泥石流孕育发生和发展的动力学模型与机理研究
3	宋宏伟	副研究员	金属点阵夹层板高温热屈曲行为与失效机理研究
4	王一伟	副研究员	通气空泡演化与溃灭机理及其控制参量分析
5	许晶禹	副研究员	气体掺混下的原油/水两相混合液 (油水乳化液) 的管流规律研究
6	孟达	副教授	基于细观和宏观相邻尺度的巷道围岩破坏机理研究

**2014 年国家自然科学基金项目青年科学基金项目申请情况**

序号	申请人	职称	项目名称
1	魏延鹏	副研究员	不锈钢焊接件激光冲击强化机理及残余应力调控方法研究
2	杜特专	助理研究员	基于空泡群动力学的空化模型与空化流动计算方法研究
3	吴先前	助理研究员	多晶冰力学性能的应变率与温度效应及其微观机制
4	江文滨	助理研究员	同组小区域海底沙波扭转迁移机理研究
5	周东	助理研究员	页岩压裂过程中的人工裂缝网络动态扩展规律研究
6	刘文超	博士后	考虑动边界的煤层不定常渗流研究
7	韩国锋	助理研究员	页岩气藏多段压裂水平井裂缝网络渗流特征研究



欢迎您到网站下载电子版季报 <http://lmfs.imech.cas.cn/>

地址：北京市海淀区北四环西路 15 号中国科学院力学研究所

邮编：100190

电话：(010)82543663 82544171

邮箱：[lmfs@imech.ac.cn](mailto:lmfs@imech.ac.cn)

联系人：胡家璐 文静