

2003 – 2004年度第一学期青年学术沙龙文集

青年学术沙龙 力学与工程科学系

2003 年 12 月 29 日

Proceeding of Youth Academic Salon
2003.9 ~ 2004.1



Youth Academic Salon

Department of Mechanics & Engineering Science

活动总结

2003.9 ~ 2004.1这一学期在系里的支持下，青年学术沙龙一共进行了14次活动，其中一次为研究生向本科同学作专业介绍性报告（共有7位研究生作了简短的报告，期间还有系里两位老师作点评），三次由系里老师作报告，一次为00级一位本科生报告。从开展的频次来看，基本可以接近每周都有学术交流活动。这应该对促进系里研究生之间，研究生同本科生间的学术交流起到一定的作用；尽管目前参与学术沙龙活动的研究生和本科同学还不够多。下学期，我们争取每周都有活动，并邀请老师们多为学术沙龙作学术报告或同我们进行交流。我们希望在征询老师，各年纪本科和研究生同学的意见和建议上，改善组织形式以使得有更多的同学能参与到学术沙龙中来。

从报告内容上，这些报告涉及流体力学、固体力学、生物力学以及一般力学等，还有关于计算软件方面。从报告的程度，每位参与报告的研究生都作了积极的准备，而且有些报告的内容已经发表或待发表，故一般而言报告内容达到可以公开发表的水平；聆听报告的同学也能与报告人作积极的交流。另外，三位老师报告的时间基本都有两个小时，报告内容覆盖面广且深入浅出，非常受同学们的欢迎。从本学期开始，我们每学期制作《青年学术沙龙文集》（Proceeding of Youth Academic Salon），汇集每次报告的摘要以及从所提供的论文中摘取摘要、引言以及结论部分，籍此提高文集的学术参考价值。这学期始的学术沙龙文集以及前上学期和暑期学术沙龙活动的总结会在系资料室保存一份以供查询。相应报告的详细资料可以在`ftp:\10.68.86.10`以及系ftp联盟的其它ftp上找到。我们也将建议系网页能开辟我们青年学术沙龙的专栏以存放各学期的活动总结（文集）及相关信息。我们希望能邀请到更多的研究生和本科同学参与学术沙龙活动，积极参与报告和交流；以文集的形式不仅有纪念的价值，而且应该可以促进我们的学习和研究。另外，这学期活动基本上每次都有同学义务进行摄影，留住了许多美好而有意义的瞬间。由于制作等方面的原因，在文集中并没有包含这些；在此谨向这些同学表示感谢。

我们感谢系里对青年学术沙龙给予经济和精神上的支持；我们感谢参与报告的老师、研究生和本科同学。青年学术沙龙为学术交流提供了一个氛围，这是我们共有的，也需要我们共同支持、维护和发展。增进交流、启迪智慧、携手共进，也许可以概述我们学术交流活动的宗旨。

系青年学术沙龙

2003年12月29日

学术沙龙报告目录	3
----------	---

目录

1 03-09-11报告: Fluent使用介绍	4
2 03-09-17报告: 结构动力学反问题—非经典系统在自然激励下的工况模态分析	5
3 03-09-25报告: (I) 复杂振动环境的单轴模拟理论 (II) 导弹模型恢复	6
4 03-10-09报告: <i>CFD Schemes Related</i>	10
5 03-10-14报告: 液晶聚合物相分离的方向序与流动效应分析	13
6 03-10-22报告: 切应力和周向应力对血管内皮细胞的联合作用	15
7 03-10-26报告: 学术交流活动中(研究生对本科生专业介绍性报告)	17
8 03-11-13报告: 轴对称自由剪切流“局部”和“全局”动力学行为的实验研究	20
9 03-11-20报告: 人体体表微区红外辐射光谱特征与机理研究	24
10 03-12-04报告: 先进材料与器件的力学问题	25
11 03-12-11报告: 颅内压信号的处理	26
12 03-12-16报告: 生理系统的非线性现象和非线性研究	30
13 03-12-18报告: Hamilton结构与水波	31
14 03-12-25报告: 固壁近傍水流中物体的运动姿态和受力情况的研究	32

1 03-09-11报告：Fluent使用介绍

报告人：戴建华（硕士研究生，导师：丁光宏 教授）

报告题目：Fluent使用介绍

摘要及介绍

FLUENT is the world leading CFD code for a wide range of flow modelling applications. With its long-standing reputation of being user-friendly, FLUENT makes it easy for new users to come up to productive speed. Its unique capabilities in an unstructured, finite volume based solver are near-ideal in parallel performance. To ensure that FLUENT is ready to deploy right out-of-the-box, we have put it through a comprehensive program of industrial-strength testing. (From www.fluent.com)

本次报告将通过一个简单的实例来介绍Fluent 6.0以及Gambit 2.0的使用流程,主要涉及一些最基本的操作.软件的应用关键在于熟能生巧,希望本次报告能对大家使用Fluent等软件有所帮助.

2 03-09-17报告：结构动力学反问题—非经典系统在自然激励下的工况模态分析

报告人：宋汉文 副教授

报告题目：结构动力学反问题—非经典系统在自然激励下的工况模态分析 *

摘要及介绍[†]

振动模态分析已经在几乎所有结构动力学领域中得到广泛应用，成为结构实验建模、系统参数辨识的有效工具。但是传统的方法目前多限于在实验室中进行，须同时测得激励信号和响应信号数据以求得频率响应函数（脉冲响应函数），进而通过模态参数辨识建立模态模型。

本报告将主要包括以下三方面内容：

- 环境激励下的工况模态分析。以桥梁节段模型在风洞中的动力特性；结构与载荷耦合等问题为重点。
- 结合实际工程问题在理论高度上归结出非经典线性系统。这种情况下，系统的动力特性已经发生了深刻的变化，具有反称性的力进入动力方程后超越了Lagrange体系的范畴，形成了非经典线性系统。此时，对应于同一特征值的左、右特征向量不再相等，模态振型的概念亦不复存在。虽然，非经典系统在数学上此生如此巨大的困难，但在具体工程中非经典系统动态参数辨识问题却大量存在，如转子动力学中油膜的陀螺力识别，机床切削颤振与稳定性分析，近海结构在风、浪、冰等载荷下的系统特性辨识，鱼雷、舰艇水下运动分析等等。
- 非经典系统的参数辨识问题视为对模态分析技术的挑战。非经典线性系统已有很多先驱性文献，但均限于研究正问题，以动力学反问题角度或模态分析参数辨识方面进行研究，尚不多见。本报告将介绍环境模态分析最新方法：1、随机减量法（RDD）矢量随机减量法（VRD）；2、NExT（Natural Excitation Technique）；3、随机子空间法。

*另外提供《环境激励下工况模态分析技术浅述》报告的ppt

[†]本部分内容摘自ppt《环境激励下工况模态分析技术浅述》，宋汉文

3 03-09-25报告：（I）复杂振动环境的单轴模拟理论（II）导弹模型恢复

报告人：王丽炜（硕士研究生，导师：宋汉文 副教授）

报告题目：复杂振动环境的单轴模拟理论

摘要及介绍*

车载设备对于路面不平顺性响应的振动台模拟

王丽炜 张美艳 宋汉文

复旦大学力学与工程科学系 上海 200433

郑金鑫 张声雷 杨柄渊

上海航天局第八设计部 上海 200233

摘要 对于车载设备由于路面不平顺性响应在振动台上的复现，导出了模拟系统的激励载荷的功率谱密度函数，采用最小二乘法辨识振动台激励，并构造台面复现响应的误差格式，与真实响应进行了比较。仿真算例表明，本文的方法可靠，简便，有一定的工程价值。

关键词： 随机振动；最小二乘法；功率谱密度中图分类号：TU328，TB123，O329

引言

随着现代工业和国防科技的迅速发展，大量工程结构产品（如精密仪器）在使用期间必不可免地要经历各种运输振动环境。在运输过程中，由于路面的不平顺性，将造成设备一定程度上的损坏，运输环境试验是评估其能否正常工作的重要手段。与此同时，在研制期间一般项目的设计验证和批量抽检亦需要利用运输振动试验来检验和评估。目前的运输振动环境预示方法常用室外跑车运输试验法，涉及面大、投入大、科研周期长。因此，需要探寻低成本的单自由度振动台等效模拟试验方法，并结合数值仿真技术形成等效的室内模拟系统，减少实地跑车试验次数、缩短研制周期、降低研制费用，适应产品研制开发的发展形势。通常，认为车载设备对于路面不平顺性响应是一个系统平稳随机振动的过程，此时振动台的模拟激励的求解可以归结为根据响应的功率谱及已知的系统（可能是试验系统）的特性求解激励功率谱，即随机荷载识别或反演问题。本文通过构造一个同实际车载系统相比，低阶模态参数较为接近的振动台试

*本部分内容摘自论文《车载设备对于路面不平顺性响应的振动台模拟》，王丽炜、张美艳、宋汉文等

验模拟系统，并利用最小二乘法辨识在振动台上产生相应响应所需的振动台激励。

结果与讨论

本文探讨了多自由度复杂振动系统室内单点激励等效模拟的实现方法及误差表示。通过理论研究导出了要求模拟系统与“真实”系统在低阶模态上相似的动力学设计准则。仿真算例表明，在一定的误差范围内，满足工程要求，为进一步的工程实现奠定了基础。

报告人: 张美艳(硕士研究生, 导师: 王皓 副教授)

报告题目: 导弹模型恢复

摘要及介绍[†]

研究背景

工程结构产品在使用期间不可避免地要经历个中运输振动环境,运输环境试验是评价其能否正常工作的重要手段.

在研制期间大量一般项目的设计验证和批产抽检需要利用运输振动试验来检验和评估. 新的竞争形势要求在较短的周期、经费不十分宽裕的条件下完成研制任务.

目前的运输振动环境预示方法室外跑车运输试验室内模拟试验凸轮式机械激励试验系统多自由度振动台模拟试验系统解决的问题

建立试验室模拟方法的总体框架,利用振动台等效模拟原则,形成模拟运输试验方法

通过跑车的实测数据,识别运输模拟试验的等效激励谱

建立运输环境数值仿真系统,形成具有较高精度的数值模拟方法

应用方向及其可行性

细长型结构模态密度低,弯扭耦合可忽略,可简化为梁模型

运输发射车相对较小,车底板刚度相对较大,各自由度之间的耦合比较小

围绕上述特性,易于形成单自由度振动台模拟的等效方法

主要研究内容

公路运输状况室内等效模拟技术

- 路谱数据的统计分析
- 单自由度振动台等效模拟理论模型
- 部件、设备及全弹运输等效模拟试验技术

数值仿真模拟技术和响应分析技术

- 运输振动计算模型及模型修改
- 运输条件下结构动力学分析
- 结构随机振动分析

[†]本部分内容摘自ppt《导弹模型恢复》，张美艳

关键技术

辨识运输激励谱方法和程序

结构界面传递特性分析技术

载荷谱的等效模拟理论模型

运输振动响应的等效模型

主要技术指标

数学模型理论依据严格、公式推导正确、典型试验结果与实际相符

分析软件完备、程序规范、计算可靠、典型算例结果与试验相符

运输振动试验激励范围:5Hz 500Hz,预示和载荷识别误差小于 $\pm 3\text{dB}$

模拟试验规范科学、合理,可操作性强,易于实际应用

技术途径

用多自由度方法恢复导弹模型

4 03-10-09报告: *CFD Schemes Related*

报告人: 周亮 (硕士研究生, 导师: 张慧生 教授)

报告题目: **NUMERICAL SIMULATION OF TWO-PHASE GRAVITY CURRENTS OVER A PORUS SUBSTRATE ***

摘要及介绍[†]

NUMERICAL SIMULATION OF TWO-PHASE GRAVITY CURRENTS OVER A PORUS SUBSTRATE

Zhou Liang, Hu Yue, Zhang Huisheng

Department of Mechanics and Engineering Science, Fudan University, Shanghai 200433, P. R. China

Abstract: Based on shallow-water approximations the governing equations for two dimensional two-phase gravity currents over a porous substrate and some appropriate boundary conditions are introduced. Based on characteristic interpolations the numerical boundary conditions are proposed and a series of exact solutions are constructed. Analysis of numerical results by two-step Lax scheme, second order TVD scheme, third order ENO scheme and fifth order WENO scheme combined with second and third order TVD-Runge-Kutta method is given. It is found that for practice applications the second order TVD scheme combined with the second order TVD-Runge-Kutta method is an economical and suitable choice.

Key Words: numerical simulation, two-phase gravity currents porous substrate

INTRODUCTION Gravity currents occur in many situations arising in both industrial and natural settings . Commonly the current is driven by compositional or temperature difference, to lead to a homogenous current, or by suspended particulate matter, to lead to a particle-driven current. Combinations by both particle and compositional or temperature difference can also occur . Most of the research works are concentrated on the situations where the currents flow

*原报告题目为: “NUMERICAL SIMULATION OF TWO-PHASE GRAVITY CURRENTS OVER A PORUS SUBSTRATE”

[†]本部分内容摘自论文 “NUMERICAL SIMULATION OF TWO-PHASE GRAVITY CURRENTS OVER A PORUS SUBSTRATE” , by Zhou Liang , Hu Yue, Zhang Huisheng

above an impermeable boundary. However there are many important situations where gravity currents flow over porous media with a consequent loss of mass from the current. One example concerns the motion of internal waves impinging on the continental shelf where the surge of the wave as it breaks takes the form of gravity current which can interact with the sediment on the shelf. The storage of toxic or flammable liquids and dense gases in containers surrounded by gravel beds constitutes another example. The actual situation is complicated by evaporation into or chemical reaction with the ambient fluid, by the form of the underlying surface and the high-density ratios between the released fluid and the surroundings. In the event of a spill of such a fluid the material may flow across the gravel as a gravity current. The most practical aspects are the determination of the mass absorbed by the porous media, and the maximum distance the current travels before stopping. Knowledge of this length would be very useful for safety calculations concerning possible eventual fire or toxic hazards. A typical problem considers the propagation and the shape of high-Reynolds-number homogenous current resulting from the instantaneous release of a finite volume of heavy fluid from behind a lock into a large reservoir of lighter fluid in rectangular or two-dimensional geometry above a horizontal porous boundary. Almost the only studies on this problem are the experimental work performed by Thomas, Marino and Linden and the computational work performed by Ungarish and Huppert. By use of a two-step Lax finite difference scheme, the calculated results in Ref.9 have obvious numerical oscillations (see Fig. 5-7 therein). The main purpose of our work is to find some suitable finite difference schemes which will reduce or even eliminate the unwanted oscillations in the calculated results. The governing equations based on shallow-water approximations and the appropriate boundary conditions are introduced in section 2. In order to check the abilities of the numerical schemes on treating large gradient solutions and to avoid possible mistakes in coding, a series of exact solutions for similar equations are also given in this section. The finite difference schemes and the numerical boundary conditions used in this paper are presented in section 3. The analysis of the numerical results is given in section 4. Finally some conclusions are drawn in section 5.

CONCLUSIONS In the numerical simulation of two-phase gravity currents with a porous substrate the two-step Lax scheme will produce unwanted numerical oscillations which will not reduce when grid spacing decreases, but TVD, ENO or WENO schemes will not produce numerical oscillations or will produce the ones which are much smaller and will reduce to zero

when grid spacing approaches to zero. For practical application purposes the second-order TVD scheme combined with the second-order TVD-Runge-Kuta method is an economical and suitable choice. The proposed numerical boundary conditions based on characteristic interpolations, trapezoidal quadrature and Newton-Raphson iteration method, which exactly have second order accuracy both in time and space, are reasonable and feasible in simulation.

5 03-10-14报告：液晶聚合物相分离的方向序与流动效应分析

报告人：孙张风（硕士研究生，导师：陆章基 教授）

报告题目：液晶聚合物相分离的方向序与流动效应分析

摘要及介绍*

液晶聚合物相分离的方向序与流动效应分析

孙张风 陆章基 胡挺 刘文娟

复旦大学力学与工程科学系 上海 200433

摘要 本文用数值方法模拟液晶聚合物(LCP)/柔性链聚合物(FP)的相分离动力学过程，并用有序度和长主轴倾斜角构成向量图，用来分析方向序和剪切流动对相分离形态的影响.结果表明(液晶富)基元的长主轴有沿条状界面平行排列的趋向，在弯曲条纹转角剧烈处或T字口处，有序度明显恶化；另外发现，对系统加剪切流动会引起邻近(液晶富)区域的凝结，使得条纹变粗变长，同时，剪切率的大小对条纹的粗细和指向矢的分布有影响，表现为剪切率越大条纹拉伸越长，而指向矢的有序度越差.

关键词 液晶聚合物，复杂材料相分离，方向序效应，流动效应

引言

液晶聚合物(LCP)/柔性链聚合物(FP)共混体系能制备出优异的电光器件(显示,存储)与超高强度纤维复合材料.这些材料的性能与相分离过程(凝聚、成核、产生液晶微域、固化)和形态演化密切相关，若能弄清其力学与流变性质，就可以通过热力学因素（如相容性）和动力学因素（如加剪切流动）来控制其相形态，以改进制备工艺提高成品质量.与一般的聚合物共混体系相比，LCP/FP共混物中的LCP组分存在各向异性的有序结构，会引起方向序效应,对相分离的形态演化有直接影响；另外，实验表明相分离过程中加入简单剪切流动也会改变有序度,在新一代液晶电光器件研制中已成为一种制备技术.因而，从理论上考察方向序效应和流动效应对LCP/FP 共混体系相分离形态的影响，可以用于指导产品制备.

对于LCP/FP共混体系的相分离的理论研究主要由Liu等人[1]和Fukuda[2]奠定基础，他们用热力学集团展开法推导得到LCP/FP共混体系的自由能表达式和相分离动力学方程.此后，Liang等人[3] 和Hamm等人[7,8]分别研究了考虑指向矢的情况下相分离过程中浓度、取向有

*本部分内容摘自论文《液晶聚合物相分离的方向序与流动效应分析》，孙张风、陆章基、胡挺、刘文娟

序的耦合对相分离形态的影响.Takao等人[4]也研究了在稳定剪切流动下的微域生长过程,并比较了不同剪切率对相形态的影响,但模型中没有考虑指向矢.本文在这些工作的基础上,通过修改相分离动力学方程,引入简单剪切流动,将计算结果绘成浓度图和向量图,来研究方向序效应和流动效应对相分离形态的影响.

Orientational Order and Flow Effects On Phase Separation of Liquid Crystalline Polymer

Sun Zhangfeng Lu Zhangji Hu Ting Liu Wenjuan

Department of Mechanics and Engineering Science, Fudan University, Shanghai, China, 200433

Abstract We numerically solve the kinetics equations of phase separation of liquid crystalline polymer /Flexible polymer (LCP/FP) blend, and analyze the influence of orientational order and shear flow processing on the phase separating morphology with vector figures.The result demonstrates that the long principle axis in liquid crystalline rich cells tends to parallel to the stripe-like boundary, and the order degree deteriorates at sharp corner or T-crossing location of the curving stripe.In addition, the shear flow causes coagulation of the neighboring domains and elongates the stripes of LCP, and the shear rate effects on the thickness of stripes and distribution of orientational order: bigger shear rate results in longer stripe and worse order degree.

Key word: Liquid crystalline polymer, Complex material phase separation, Orientational order effects, Flow effects

6 03-10-22报告：切应力和周向应力对血管内皮细胞的联合作用

报告人：覃开容 副教授

报告题目：切应力和周向应力对血管内皮细胞的联合作用

摘要及介绍*

Synergistic Effects of Wall Shear Stress and Circumferential Stress on Vascular Endothelial Cells

覃开容^{1,2}, 柳兆荣¹, Akira KAMIYA³, Joji ANDO²

1 复旦大学力学与工程科学系生物力学实验室, Shanghai 200433, China. 2 Department of Biomedical Engineering, Graduate Sch. of Med., Univ. of Tokyo, 113-0033, Japan. 3 Interdisciplinary Science Center, Nihon University, 102-8275, Japan

内皮细胞位于血管的最内层，直接与血液接触，因其独特的解剖学位置，在血液和血管之间形成了一个结构和功能屏障。内皮细胞具有对血浆中物质的选择性通透、促凝血和抗凝血、调节白细胞黏附、调节平滑肌细胞活性和血管弹性等功能。大量研究表明，内皮细胞结构和功能的改变能引发血管疾病（如动脉粥样硬化和血管肥厚）。

在体血管内皮细胞同时承受着血流产生的壁切应力(WSS)和血压导致的周向应力(CS)的作用。在体或离体的研究表明，切应力和周向应力与内皮细胞的结构和功能密切相关。已有的绝大部分研究都是研究切应力或周向应力对内皮细胞的单独作用。由于在体动脉中血流和血压不是孤立存在的，它们之间存在着联系，因之产生的切应力和周向应力不是孤立地对内皮细胞起作用，而是联合地起作用。临床研究表明，高血压病人（通常同时具有低切应力和高周向应力）动脉粥样硬化的发生率比正常人明显高得多。离体实验结果也表明，切应力和周向应力对内皮细胞联合作用的结果区别于切应力与周向应力单独作用结果的简单叠加。

本讲座将报告关于切应力与周向应力对血管内皮细胞联合作用的研究。内容包括：

- 从数学力学的观点如何恰当地描述切应力与周向应力的联合作用；
- 用数值模拟和in vivo实验相结合的方法研究本质上决定切应力与周向应力联合作用的局部和全局因素；

*本部分内容由覃开容副教授

- 用invitro实验手段，体外研究切应力与周向应力的联合作用对人工培养内皮细胞的影响,包括细胞内Ca²⁺ Signaling, 基因表达等等。

7 03-10-26报告：学术交流活动（研究生对本科生专业介绍性报告）

报告人：部分研究生

报告题目：学术交流活动（研究生对本科生专业介绍性报告）

摘要及介绍*

本次研究生为本科同学作研究方向导论性的集中性报告，意于能使本科同学对力学、我们系的研究等有所了解；意于促进本科同学与研究生间的学术交流！增进交流、启迪智慧、携手共进；也许可以概述我们学术交流活动的宗旨。

10月26日晚6:30 p.m. -9:45p.m.，交流活动在500号系会议室进行。这次我们邀请到了金吾根和唐国安两位教授进行座谈。参加本次活动各年级本科同学超过30位，研究生（包括报告的同学）也有10余位。

交流活动主要内容：研究生报告（分A、B两个Sections）以及老师和同学间的座谈。整个活动始终在浓郁的学术气氛中进行，报告同学和听众之间常有热烈的讨论。会后有不少本科同学围坐在两位教授的周围，讨论学习方向、方法等各方面的问题；大家都很有收益。

本次活动应该起到了学术交流的目的；特别有些本科生已经对我系某些方向的研究发生兴趣。我们祝愿以后有更多这样的活动，以促进我系的学术交流氛围。

青年学术沙龙研究生团学联2003年10月

*本部分综合了参与报告的研究生所提供的报告摘要

附参与报告的我系部分研究方向：

Section A

A-1 柳兆荣教授研究方向（报告人：孙辉，硕士研究生） 本实验室结合力学与生物学、医学；研究血液和血管力学特性，分析血液在心血管系统中的流动规律。血液动力学因素（如切应力，周向应力）在血管疾病发生、发展和治疗中扮演了重要角色。实验室近期主要研究生理和各种病理情况（如动脉粥样硬化，静脉移植血管）下血液动力学指标以及它们对血管重建的影响。

A-2 金吾根教授研究方向（报告人：薛馨，硕士研究生） 介绍计算固体力学的常用数值算法，有限元法、边界元法、无网格法等，主要介绍Trefftz边界元法及其应用。算例：有渗流自由面的Trefftz解法、压电材料平面问题的Trefftz解法。

A-3 唐国安教授研究方向（报告人：赵阳，硕士研究生） 结构动力学方面涉及动态子结构方法，模态综合技术，结构动力学模型修正，动力系统模型缩聚，参数识别和结构优化，虚拟环境试验等。计算力学涉及基于分布式环境的并行计算、工程和科学计算可视化、计算机辅助工程与设计等。本报告将涉及实验室的基本研究方向。

A-4 许世雄教授研究方向（报告人：王庆伟，硕士研究生） 目前从事脑科学,中医信息系统及肿瘤血液动力学等研究。介绍目前进行的肿瘤血液动力学方面研究：肿瘤内药物疏运屏障、微循环、血管生成、药代动力学、新陈代谢微环境等。

Section B

B-1 丁光宏教授研究方向（报告人：王凌，硕士研究生） 主要从事心脑血管循环血液动力学、生物医学工程和针灸经络的科学基础等方面的研究。本报告将涉及实验室基本研究方向。

B-2 张慧生教授研究方向（报告人：陆华剑，硕士研究生） 主要介绍了计算流体力学中常用的有限差分 and 边界积分的基本思想，包括TVD，ENO，WENO等高精度的数值计算格式，用于界面追踪的VOF和LEVEL SET方法，以及Laplace方程和Stokes方程的边界积分方法。还介绍了两相重力流和气泡生长等数值模拟的一些算例。

B-3 湍流实验室研究方向（报告人：谢锡麟，博士研究生） 目前致力于结合现代偏微分方程和动力系统理论，基于实验研究对应自由剪切流的Navier-Stokes系统的动力学行为，包括大尺度旋涡结构的空问演化等。本报告意于通过具体事例以表现有趣、丰富多彩的流体运动。这些又都蕴含着深刻的机理，等待着我们不断认识。

8 03-11-13报告：轴对称自由剪切流“局部”和“全局”动力学的实验研究

报告人：谢锡麟（博士研究生，导师：徐有恒 教授 周慧良 副教授）

报告题目：轴对称自由剪切流“局部”和“全局”动力学的实验研究

摘要及介绍*

我们实验室目前尝试从Navier-Stokes方程出发研究自由剪切流中大尺度旋涡结构以及小尺度旋涡结构的动力学行为——既然数学上NS的研究甚为困难，但DNS（直接数值模拟）却能再现许多很牛的实验结果，所以从实验上窥探NS的动力学行为，觉得是有一定意义的。

从报告中，基本可以看出：

1) 一般流体实验研究中，如何结合经典流动稳定性理论来确定不稳定波的空间发展，包括它的波长、波速以及增长率。在我们实验研究中发现了两种大尺度结构，一种称为“涡环”（vortex ring），是经典的结构；另一种称为“螺旋涡结构”，这种结构的空演化以及参数演化等也许我们实验室是最早从实验测量上获得的。两者结构表现出截然不同的空演化特征。

2) 结合Navier-Stokes方程，我们尝试了基于实验研究了相应流场（有大尺度结构控制）的local和global动力学行为

local dynamics: 归结为NS方程中唯一的非线性机制，对流导数项，对上述的空演化不稳定波的空演化能量增长的贡献；包括空演化后期，对小尺度结构的激发以及导致湍流。

global dynamics: 归结为一种在有限范围流场适用的“关联式”。由于如NS方程这样的偏微分方程都是直接对局部行为进行描述的；而全局的相关性则是方程本身的内蕴机制，所以数学上研究非常困难的。我们从实验角度得到某种形式的“关联式”的存在性并籍此获得了一些不同不稳定波之间能量行为——各自的作用以及之间的关系。

*本部分内容摘自谢锡麟发表在BBS上的文章：日月光华(2003年11月13日14:41:25 星期四)

ABSTRACT[†]**Local and global dynamics of axisymmetric shear flows**X.L. XIE¹, W.W. MA² and H.L. ZHOU¹¹Turbulence Laboratory, Department of Mechanics & Engineering Science, Fudan University, Shanghai 200433, China. email: xiexilin@fudan.edu.cn²College of Basic Science, Donghua University, Shanghai 200051, China

The flow fields studied are axisymmetric shear flows that sustain two kinds of large-scale structures, i.e. axisymmetric and helical structures. Their spatial and parametric evolutions have been studied experimentally by Xie, Ma & Zhou (2003). The former ones are just well known vortex rings in the realm of shear layers, and the latter ones is a kind of streamwise structures in the realm of jet columns. Helical structure that is not synonymous with helical mode was discovered maybe for the first time by Danaila, Düsek & Anselmet (1997) in their numerical study on coherent structures in a round, spatially evolving, unforced, homogeneous jet at low Reynolds numbers. *Local* and *global* dynamics of flows that are presided by axisymmetric or helical structures are studied experimentally to a certain extent by us in this paper.

Study on Local Dynamics If the velocity fluctuation is considered as to take the form $u(x, t) \sim B(x, \alpha_m) \cdot e^{i\omega_m t} = B_m(x) \cdot e^{i\omega_m t}$, where the real frequency $\omega_m = \omega(\alpha_m)$ is a function of complex wavenumber α_m . Then the well-known 1D linearized Navier-Stokes equation can be transform into

$$\frac{1}{Re} \frac{d|B_m|^2}{dx} = U \cdot |B_m|^2 + i\omega_m \cdot \int_{x_0}^x B_m(x) B_m^*(\xi) d\xi + \frac{1}{2} \cdot \sum_{\omega_k + \omega_l = \omega_m} B_m B_k^* B_l^* + B_m \cdot \mathcal{F}^*(x_0),$$

the term $B_m B_k^* B_l^*$ is related to the so call auto-bispectrum $S_{yyy}(f_m; f_i, f_j)$. It is indicated evidently that *auto-bispectrum represents the contribution of convective-derivative term to the spatial growth rate of energy, in other words, the effect of the nonlinearity of Navier-Stokes equation on the energy spatial evolution can be depicted by auto-bispectrum.*

As indicated by experiments, in pairing and merging processes of axisymmetric structures without reference to the counter- or co-axial axisymmetric shear flow, the contributions of the nonlinearity are represented primarily by $(f_{f/2}, f_{f/2})$ and $(f_f, -f_{f/2})$ corresponding to the energy spatial evolutions of the fundamental f_f and its subharmonic $f_{f/2}$, respectively. On the

[†]本部分内容摘自“Local and global dynamics of axisymmetric shear flows”, by X.L. XIE, W.W. MA and H.L. ZHOU, 2003. 本摘递交第10界欧洲湍流会议, 目前审稿中。

other hand, the continuously distributed noise is introduced directly into the flow through the nonlinearity in aft-merging process that indicates, to a certain extent, *the noise or randomness is the intrinsic behavior of Navier-Stokes*.

Study on Global Dynamics The nonlinear transfer relation:

$$Y_m = L_m X_m + \sum_{f_i \pm f_j = f_m} Q_{ij}^m X_i X_j,$$

where $f_i \pm f_j = f_m$, L_m and Q_{ij}^m can be considered as the linear and quadratic transfer functions respectively, has been used *in a local sense*, such as in the study of the local dynamical behaviors of mixing layers by Hajj, Miksad and Powers (1992). However, it is supported by our experiments the derived energy relation of the first kind:

$$\langle |Y_m|^2 \rangle = |L_m|^2 \langle |X_m|^2 \rangle + \sum_{f_i \pm f_j = f_m} 2\text{Re}[L_m Q_{ij}^{m*} \langle X_i^* X_j^* \rangle] + \sum_{f_i \pm f_j = f_k \pm f_l = f_m} Q_{ij}^m Q_{kl}^{m*} \langle X_i X_j X_k^* X_l^* \rangle \quad (1)$$

as referred to in this paper are satisfied quite well by all dominant frequencies although two measurement locations are quite separated. Subsequently, it is reasonable to deduce that the transfer relation with its derived energy relation are significant at least for the dominant frequencies *in a global sense*, namely the relation is sustained in certain bounded flow domains. According to (1), the general auto-power spectrum $S_{yy}(f_m)$ can then be separated into three parts corresponding to *linear mechanism* $S_L^I(f_m) \stackrel{\text{def}}{=} |L_m|^2 |X_m|^2$, *quadratic* and *linear-quadratic mechanisms of the first kind*, as defined respectively as follows:

$$S_Q^I(f_m) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{f_i \pm f_j = f_m} S_Q^I(f_m; f_i, f_j) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{f_i \pm f_j = f_m} \sum_{f_k \pm f_l = f_m} Q_{ij}^m Q_{kl}^{m*} \langle X_i X_j X_k^* X_l^* \rangle,$$

$$S_{LQ}^I(f_m) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{f_i \pm f_j = f_m} S_{LQ}^I(f_m; f_i, f_j) \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{f_i \pm f_j = f_m} L_m Q_{ij}^{m*} \langle X_m X_i^* X_j^* \rangle.$$

Furthermore, quadratic and linear-quadratic mechanisms can be considered as the resultant effects of the corresponding *distributions*, denoted by $S_Q^I(f_m; f_i, f_j)$ and $S_{LQ}^I(f_m; f_i, f_j)$, respectively. The former distribution is always a no-negative real number, but the later one can take negative value so that linear-quadratic mechanisms/distributions can do negative contribution to the energy of f_m .

For general dynamics of axisymmetric structures, the linear mechanism makes the almost contribution to the fundamental f_f in roll-up process. In pairing and merging processes, the quadratic mechanism presented by $(f_f, -f_{f/2})$ makes directly contribution to the first subharmonic $f_{f/2}$, and the energy is transferred from f_f to $f_{f/2}$ through linear-quadratic mechanism

presented by $(f_{2f}, -f_f) < 0$ and $(f_f, -f_{f/2}) > 0$. In aft-merging process, the quadratic mechanism plays an essential role and accounts fully for the broadband noise. According to experiments, it seems that if the energy is transferred to a certain frequency f_m through $(f_i, f_j) > 0$, where $f_i + f_j = f_m$, then the phase-speed matching condition is held by f_i and $|f_j|$, where f_j may be negative. On helical structures, the linear mechanism keeps dominant in its whole spatial evolution. Consequently, either the linear-quadratic or quadratic mechanism acts trivially.

9 03-11-20报告：人体体表微区红外辐射光谱特征与机理研究

报告人：丁轶文（硕士研究生，导师：丁光宏 教授）

报告题目：人体体表微区红外辐射光谱特征与机理研究

摘要及介绍*

人体是一个红外源，它发射1-30 μm 的连续红外光谱。人体红外辐射光谱中，除了由于体温引起的热致辐射外，还应该存在与生命活动相关的其他辐射。病人的红外辐射光谱在一些波段上与正常人有明显的差异，表明有可能应用红外光谱非接触地诊断疾病。

*本部分内容由丁轶文提供

10 03-12-04报告：先进材料与器件的力学问题

报告人：霍永忠 教授

报告题目：先进材料与器件的力学问题

摘要及介绍*

随着大量先进材料（功能材料，智能材料，纳米材料，生物材料等）的日益广泛的应用以及器件向着小型及微型化的发展，带来了大量新的力学问题。一方面，材料的本构特性不仅涉及传统的应力与应变的关系，还需综合考虑热、电、磁、光等物理量对力学性能的影响；其本构关系常有强烈的非线性特性如滞后，并与材料内的相变过程有关；另一方面，小尺度效应使一些在传统力学中不考虑的因素，如界面问题、量子效应、晶格有序度等，变得十分重要。

将以形状记忆合金为例，介绍其工程应用，以及通过数学模型、热力学模型、统计力学模型以及变分模型等方法研究其应力-应变-温度本构关系，尤其是界面能对其内马氏体相变、相变滞后及相变微结构的影响。

*本部分内容由霍永忠教授提供

11 03-12-11报告：颅内压信号的处理

报告人：高昊（硕士研究生，导师：许世雄 教授）

报告题目：颅内压信号的处理

摘要及介绍*

颅内压(intracranial pressure, ICP)研究在临床上有着十分重要的意义，临床和基础研究发现，颅内压由于心搏、呼吸、以及神经调节等的影响而出现上下波动。传统的颅内压研究多停留在静态压及相关因素的分析，注重于对颅内压平均值的监护，对其脉动成分的来源、变化及规律研究很少。本工作通过动物实验研究颅内压的波动，并从理论上建立颅内压脉动值和平均值之间的数学模型。

动物实验以狗为实验对象，研究在颅高压状态下颅内压波形的变化及其规律。通过14条狗安置硬膜外球囊并注液制成颅高压模型，改变球囊内液体量改变颅高压程度和颅内容积，由压力传感器持续记录脑室内压。结果发现随着颅内压平均值的持续增高，颅内压脉动值也相应增高，两者间呈线性关系。当排空球囊内液体后再次注入液体时，颅内压脉动值和平均值线性关系的斜率比第一次大。由此可见，颅内压脉动值随着平均值的增大而增大，两者间呈线性关系，且其斜率反映了颅内代偿功能的程度高低。对实验中获得的ICP (颅内压)、LICP(腰区颅内压)和股动脉血压取每搏的收缩压作为脑压和动脉压波动的时间序列，进行FFT分析发现，波形中存在一个相对于心律约为0.07 (cycle/beat) 的频率成分。该频率既不是心率（3Hz左右）也不是呼吸频率（0.4Hz），记为m波（0.2Hz低频频率）。

在实验的基础上，本文还从理论上建立了颅内压脉动值和平均值之间的数学模型，模拟在不同平均值下颅内压波形的变化，并与实验数据进行比较。通过几个参数的调整，模型与实验结果基本一致。

*本部分内容由高昊提供

摘要及介绍[†]

颅内压低频分析

高昊¹ 吴国强¹ 刘玉峰¹ 袁晖² 蒋雨平² 许世雄¹

1 复旦大学力学与工程科学系 上海 200433

2 复旦大学附属华山医院神经内科 上海 200040

摘要 目的：临床和基础研究发现，颅内压存在波动，本工作通过动物实验模拟颅高压并研究颅内压的波动。实验方法：14条犬安置硬膜外球囊并注液制成颅高压模型，通过改变球囊内液体量来改变颅高压程度和颅内容积，由压力传感器持续记录相应压力。结果：对颅内压、腰区脑脊液压分别进行FFT分析，发现都存在一个约为0.2Hz的波动，该频率既不是心率（3Hz左右）也不是呼吸频率（0.4Hz），记为M波。分析表明：1）正常情况下，M波并不出现；2）实验开始阶段，不出现M波，当颅内压超过一定压力水平时，M波出现。随后的药物干预实验显示，采用迷走神经阻断药阿托品能明显抑制M波，而交感神经阻断药心得安效果不明显，初步说明M波与脑血管的某些调节机制有关。

关键词 颅内压、腰区脑脊液压、低频、FFT分析、M波

1 引言

颅内压（Intracranial pressure, ICP）指颅内容物对颅腔壁上的压力，它是由液体静力压和血管张力变动的压力两个因素所组成的，通过生理调节，维持着相对稳定。正常颅内压是保证中枢神经系统内环境稳定和完成各种生理功能的必要条件。由于颅腔容积固定（各成分之间的体积关系： $V(\text{血液})+V(\text{脑脊液})+V(\text{脑组织})\approx\text{constant}$ ，其中脑组织约80%，脑脊液约10%，血液约10%），因此，颅腔内脑组织、供应脑的血管和脑脊液的体积都不会有大幅度的增减。如果其中之一的体积增大时，必须有其它的内容物同时或至少其中之一的体积缩减来平衡。本实验正是通过改变脑脊液的容积（注入抽出定量液体）来改变颅内压。

临床测量颅内压的方法和途径各不相同，主要包括穿刺脑脊液腔用压力管测量和用颅压监护仪测量。通常所说的颅内压是指经腰椎、小脑延髓池或脑室穿刺测量，确切的说所测的压力应为脑脊液压（Cerebrospinal Fluid Pressure, CSFP）。本文中出现的颅内压所指为脑脊液压，通过脑室穿刺获得。

临床和基础研究发现，颅内压存在波动。如果在腰骶段作腰椎穿刺，除得到正常脑脊液压外，尚有约10mmH₂O的波动，一般认为来自于心血管的压力和波动以及呼吸的作用，是否还

[†]本部分内容摘自论文《颅内压低频分析》，高昊、吴国强、刘玉峰等

存在其它因数，目前尚无结论。国际上已对ICP展开广泛的动力学研究，但主要集中在颅内压与颅内血液动力学之间的关系[1、2、3、4]、颅内压与颅内压力容积的关系以及颅内压改变与病人临床表现的关系[5]。Hideo Takizawa[6]和他的合作者们研究过当颅内压升高时脑脊液脉搏压（Cerebrospinal Fluid Pulse Pressure, CSFPP）的改变，在12只猫的脑室内放置液囊，注水制成颅高压模型，对连续纪录ICP曲线进行FFT变换，分析了心跳为基频的频率，但没有低频段的分析。Erico.R.Cardoso[7]等做过对颅内压的波形分析，他们认为脉络膜的波动对脑脊液脉搏波的波动起着重要的作用，然而同样未分析脑脊液脉搏波频谱。J. J.Lemaire[8]等研究了颅内压慢的波动，分析此波动的起源，认为它不仅与病理有关，而且与生理相关（植物性神经、呼吸、睡眠等），然而未进行频谱分析。国内也有若干关于ICP及脑脊液波动波形的报道[9, 10]。

本文旨在通过动物实验模拟颅高压并研究颅内压，尤其是低于心搏的成分，初步探讨其机理。

5 结论

本实验的结果发现，低于心率和呼吸频率的M波在一定的颅高压水平之上产生，它反映颅内状态的一些基本信息，它的出现与迷走神经的调控有一定关系。腰区脑脊液的分析与颅内压的分析结果一样，这提示通过对腰区脑脊液变化的分析，同样可反映颅内的某些基本信息。

Analysis of the low frequency components of the intracranial pressure

Gao Hao¹ Wu Guoqiang¹ Liu Yufeng¹ Yuan Hui² Jiang Yuping² Xu Shixiong¹

¹ Department of Mechanics and Engineering Science, Fudan University, Shanghai 200433 ²

Department of neurology, Huashan hospital, Fudan University, Shanghai 200040

Abstract Aim:The clinical studies show that the intracranial pressure (ICP) is not a static pressure. This work was planned to simulate high intracranial pressure by animal experiment and investigate the frequency of the ICP. Methods: Fourteen dogs were anesthetized before the operation. A small rubber balloon for changing the ICP was placed in the epidural space through a drill hole in the skull. Pressure transducers were arranged to monitor, and pressures

were recorded. Spectral analysis of the collected ICP、LCP(the pressure in the lumbar sub-arachnoid cavity) data was performed later. Results: The frequency spectrum of each pressure waveform was calculated using an algorithm for Fast Fourier Transform. The analysis showed that there was a special spectral component roughly 0.2Hz in the waveform when the ICP exceeded a certain level. The special spectral component didn't associate with respiration (0.4Hz) and the cardiac beat (3Hz). It was named the M wave. 1) Under normal condition, the M wave did not appear. 2) At the beginning of the experiment, the M wave did not appear, when ICP exceeded a certain level, it appeared. The following experiments suggested that the M wave might relate to the cerebrovascular autoregulation.

Key words: ICP LCP Low Frequency Components Fast Fourier Transform M wave

12 03-12-16报告：生理系统的非线性现象和非线性研究

报告人：许世雄 教授)

报告题目：生理系统的非线性现象和非线性研究

摘要及介绍*

人体生理系统是非线性的巨开放系统，其生理活动呈现非线性的特点。本报告内容包括以下三个方面的内容，介绍人体生理活动的非线性特征以及用非线性科学所进行的研究。

- 心电信号中R-R序列的混沌特征及非线性分析
- 左心室舒张末期容积的周期变化及分叉分析
- 血管节律性运动和非线性模拟

*本部分内容由许世雄教授提供

13 03-12-18报告：Hamilton结构与水波

报告人：吴云岗（硕士研究生，导师：陶明德 教授）

报告题目：Hamilton结构与水波

摘要及介绍*

这次讨论会的主要目的是尝试让大家以几何观点来看待流体问题，开阔一下大家的力学视野，Hamilton力学是一门古老的力学分支，已获得了丰硕的结果，近几十年，关于水波的Hamilton结构和对称性与守恒律也已经成为水波动力学的一个分支，其理论探索同样结果丰富。其主要着眼点是将水波问题导向无穷维Hamilton 结构，运用经典Hamilton力学的概念与方法，近代数学理论（微分流形、辛几何学、李群与李代数等）来研究水波。

报告的主要内容如下：

一、Hamilton系统的数学理论、方法

1、介绍一下Hamilton力学的原理和框架 a、广义动量，相空间，勒让德变换 b、正则方程 c、泊松括号 d、正则变换 e、哈密顿-雅可比方程

2、a、Hamilton力学的辛几何理论、力学的几何观点 b、辛结构、辛流形 c、Hamilton向量场和相流

二、水波的无穷维Hamilton结构

1、理想流体的Hamilton描述

2、水波的变分描述

3、水波的Hamilton原理，Hamilton正则方程及其物理意义

三、非线性水波的Hamilton结构

1、浅水近似

2、Boussinesq型方程的Hamilton结构，浅水长波Hamilton方程的守恒量

3、KdV方程的Hamilton结构

*本部分内容由吴云岗提供

14 03-12-25报告：固壁近傍水流中物体的运动姿态和受力情况的研究

报告人：伏峰（00级本科生，指导教师：张慧生 教授）

报告题目：固壁近傍水流中物体的运动姿态和受力情况的研究

摘要及介绍*

边界元方法(BEM)是七十年代兴起的一种新的计算方法。边界元法只需将求解域的边界划分成单元，故使得求解问题维数降低，输入数据量大为减少，计算时间缩短，离散的误差仅来源于边界。

边界元方法分为直接法和间接法。直接法是用物理意义明确的变量来建立积分方程，其中未知函数就是求解物理量在边界上的值；间接法使用物理意义不一定明确的变量来建立积分方程，如位势问题中用单层位势、双层位势表示物理量。

本文所要探讨的是刚体在固壁近傍不可压无旋流动中的运动姿态及受力情况。其研究背景可追溯到潜艇释放的探测器在海水中运动姿态和受力分析。为简单起见，本文只研究二维问题。因流动的Reynolds数很高，又假设边界层不发生分离，故可假设流体无粘，又流速与海水中音速相比可以忽略，故可设流动是不可压的。又因不可压缩无粘流动在初始时刻流动无旋，那么根据拉格朗日定理，以后时刻也将保持无旋。

此问题可分为几种情形：1.绕流物体处于无限流体中，2.绕流物体处于固壁近傍的水流中，3.绕流物体处于带有自由面水流中，4.物体‘漂浮’于水面。情形1已在99级陈慧同学的毕业论文中得到解决；本文致力于运用边界积分法研究情形2、3，并做了几个数值模拟实例。

*本部分内容由伏峰提供