

第18届国际理论与应用力学大会*

(ICTAM-18)

(1992年8月22—28日, 以色列海法)

王仁 何友声 黄克智 郑哲敏 周显初
 北京大学 上海交通大学 清华大学 中国科学院力学研究所

1 概况

由国际理论与应用力学联合会(IUTAM)召开的4年一次的第18届国际理论与应用力学大会(ICTAM-18),于1992年8月22—28日在以色列海法市的以色列工业学院举行。大会选定的3个主题是:固体与结构力学中的不稳定性;海面力学与海气相互作用;生物力学。设置主题分会的目的是对力学中的某些重要领域做综合介绍,以强调这领域的重要性,或对新领域起提倡作用。

出席大会的各国科学家514人,接受的报告590篇另加邀请报告26篇。其中接受我国论文38篇(另有3篇从海外投去),其中台湾10篇,另外海外华人有33篇。我国实际出席15人包括台湾去的5人。全体大会的邀请报告2篇,分组和分主题的邀请报告24篇,口头报告小组62个实际报告了221篇,张贴报告小组25个实到169篇。内容包括理论与应用力学的各个方面。按照摘要文集中534篇论文的粗略分类(已扣除正式提出撤消的56篇,但仍包括不少未到会报告的)如表1所示。

表 1

报告类型 \ 学科	固体力学	流体力学	生物力学	动力学	其他*
邀请报告	10	10	5	0	1(体育)
小组口头报告	134	51	21	12	12
小组张贴报告	144	81	21	22	10

* 包括计算力学,一般连续介质,有限变形等。

* 本文报道了国际上力学发展动向的许多信息,为使更多读者得以了解,特征得作者同意,除在《力学与实践》杂志上发表外,本刊也予以刊登。——编者

3个主题分会中以固体与结构力学中的不稳定性为最大热门,共13个口头报告小组,2个张贴报告小组,邀请报告4篇;海气主题有4个口头报告小组,邀请报告4篇;生物力学主题有3个口头报告小组,1个张贴小组,邀请报告5篇。由于会议只提供摘要文集,以下内容只就我们听到的一部分和从摘要中所见的进行综述。

2 26个邀请报告

这些邀请报告将在1年内由大会文集全文刊出。以下基本上只介绍题目,内容在后面几节有关地方介绍。

全体大会在开幕式后由美国加州理工学院的A Roshko讲“剪切流的不稳定性和湍流”。他强调研究大尺度结构和拟序涡结构的重要性,已发现拟序结构与初始不稳定性中每个湍流的起因有关,指出了一条通向模拟湍流运动脉动幅值的途径,其间必须考虑2次和高阶不稳定的影响以及大尺度事件的统计特性。另一大会报告是在闭幕式上由俄罗斯海洋研究所的G I Barenblatt讲“断裂的微观力学”。他指出材料中的微观研究和流体中的有共同之处,提出了断裂过程的特征时间,讨论了金属、高分子材料、岩石材料的情形,认为材料中损伤的萌生、发展、断裂的相互作用最后导致宏观破坏等都与材料内部结构变化有关,而湍流的许多特性同样也与其中微观细观运动有关,认为微观细观力学将在下一世纪有较大的发展。

分会的邀请报告共有15个。固体力学方面有6篇:树枝晶体的生长模型;非线性薄膜理论;弹塑性问题沿加载路径积分的计算问题;核辐射下本构关系和蠕变分析、蠕变裂纹生长;耗散介质中的稳定性与分岔;非各向同性结构中的波传播。流体力学方面有6篇:混沌型对流的控制;气动声波的实测与计算;大气(海洋)动力学中波传播及破碎的作用;气泡力学中噪声、发光与三相流;湍流中间歇性的多重分形解释;跨声速研究趋势。生物力学方面有2篇:将结构稳定性理论用于生物系统;心血管流体力学。还有一篇是体育中的力学。3个主题各有3个综述的介绍性报告将在以下一同介绍。

3 固体力学各小组报告的主要内容

固体力学部分最集中的课题是固体材料和结构力学中的不稳定性,这些问题不但在15个主题小组中出现,在断裂力学、结构力学、损伤力学以及动力学的许多小组报告中也出现。

3个主题邀请报告是:①R Abeyaratne(美):有限热弹性力学中的材料不稳定性和相变。他指出近年来集中研究的两个基本问题是:最小能量的物体稳定构形;物体经过亚稳定中间状态趋于稳定构形的非平衡演化。他证明描述热弹性相变的完全本构理论应包含3个部分:Helmholtz自由能函数;动理定律;形核准则。他提出了一个显式本构模型并举例说明。②S Kyriakides(美):在结构中失稳的传播。他指出在大尺寸结构中的小区崩塌,在适当条件下可以动态方式传播到结构其余部分,所需载荷往往远低于开始局部崩塌的载荷。作者举例说明起始崩塌和定常准静态扩展的条件。③Y Tomita(日):固体力学中塑性失稳的数值处理方法。探讨了旨在寻求塑性失稳(屈曲、颈缩、流动局部化)载荷的一般数值方法,以及克服有限元网格敏感性及不正确收敛的方法。

在各主题小组中关于材料不稳定性的约30篇,大多讨论剪切带局部化的机理,不但在金属中,也有在岩石、复合材料中,在准静态下发生也有在冲击载荷下发生。关于薄膜和界面、层面稳定性的讨论有7篇,如H Gao等的“应力驱动界面失稳”研究了波浪形界面与平直界面的稳定性。关于裂纹扩张中的不稳定性问题有12篇,如M Kachanov“具有多裂纹的

固体：有效模量的统计稳定性与断裂相关参数的不稳定性”，指出有效模量是体积平均量，与断裂现象没有定量的关系，在建立损伤模型时应注意这一点。有人用分子动力学连续体统计理论讨论裂纹尖端场稳定性以及讨论弱化引起塑性稳定性的问题。范天佑讨论剪切层的不稳定性联系到地震成因。

另一方面是结构力学的不稳定性，包括的范围也很广，有关于杆、梁、板、壳等各种结构形式的35篇左右。较多的报告讨论屈曲后问题，残余应力和初缺陷的影响，对加筋壳、锥形壳、环形壳的分析，受到冲击载荷、气动载荷以及由表面摩擦和热冲击等引起的失稳问题，考虑到弹塑性、粘塑性等情形。我国王仁的应力波对冲击下柱壳稳定性的影响，王国泰的柱壳和王安稳的环壳屈曲，叶开沅的波纹板失稳等工作属于此列。

在动力学小组中也有七八篇是关于运动稳定性、分岔和混沌的讨论，如对充液腔体、转子、轴承以及飞行器的运动稳定性，一般还考虑物体的弹性变形效应。

其次是关于断裂力学、损伤力学和塑性力学方面的小组合起来有7个口头报告小组及3个张贴小组，56篇报告。主要讨论了裂纹尖端场、裂纹的相互影响，成核和生长，损伤的微观机理，损伤单元之间的相互作用，损伤的本构描述，有效模量，材料的弱化等，我国有黄克智关于裂纹生长，盖秉政关于疲劳损伤，恽寿荣，周建平，曾攀等的5篇论文。塑性力学小组还有关于结构的弹塑性分析，塑性大变形的计算方案问题的讨论，特别是动载下时间积分应如何处理以取得稳定解的工作有三四篇。

复合材料和非均匀介质小组有6个口头报告小组和2个张贴小组共43篇论文。除了讨论前述的界面稳定性、断裂、损伤等问题外，关于分层界面上的应力连续性、应力奇点、纤维对脆性基体的防止破坏作用，纤维复合材料的本构关系，复合材料中波的传播以及复合材料层面组合的优化等问题。我国有陈至达关于分形几何，王越胜关于波遇到多层界面裂纹，段大明关于复合层板后屈曲的能量解释等3篇论文。

结构力学和板壳有3个口头小组及1个张贴小组共23篇论文。除弹塑性稳定性问题外，还有板壳的非线性大变形分析，从3维弹性方程求壳体剪切变形的渐近分析，压电弹性或磁弹性材料的壳体分析等工作。值得注意的有四五篇讨论结构形状优化的论文。从非线性结构受各种设计上和载荷上变化的影响，对不确定因素的敏感分析到拓扑学的优化理论，我国有张若京关于环壳弯曲理论，王晓东关于弹塑性梁的动力响应，聂国华关于网状扁壳的论文。

固体内的波传播小组中有一些论文讨论波在结构中传播，波与结构中结点的相互作用等，它们被用于无损探伤，定残余应力，定体内各向异性。我国刘殿魁用复变函数讨论了各向异性介质中S-H波的散射。

固体中的实验方法小组重点在应用现有的光学方法上，如用于测微裂纹的形成和扩展，从远处测局部应变，用散斑干涉法定橡皮材料的参数，用激光全息干涉法估算模态阻尼，用3维X光CT的连续成像研究容器内部流变体的运动等，还有人提出用双剪实验方案研究绝热剪切带以代替Hopkinson扭杆。

计算数值方法小组除关于时间积分的步长选择外，J Fish研究复合材料的微观力学，提出一个将微观与宏观行为联系起来的单一计算模型，他用宏观有限元网格求整体响应外，在临界局部区叠加一个零边界条件而具有细观组成体（纤维、孔洞等）尺度的网格，论文讨论了收敛性等有关问题。我国曾攀提出最优控制理论与固体中变分原理的对应性，可利用前者

方法进行损伤及动力过程的计算。

此外, 还有弹性力学、地质力学、冲击力学、接触力学等小组, 讨论到孔隙介质、粉末介质的压实、粘连问题, 非线性弹性动力学, 介质中的相转变区, 弹性正交异性体的一些精确解, 地质材料的本构关系, 液饱和的层状岩石的内部屈曲, 波传播等问题, 穿透和考虑摩擦力效应的接触问题等。我国有徐江关于岩石破裂, 邹振珠关于弹性波散射及T S周关于计算岩土中穿透轨迹的理论等3篇论文。

动力学问题的振动小组共18篇论文, 重点在振动的隔离和主动振动控制问题, 大振幅的结构振动以及多层板在强脉冲下的分层优化问题, 还有横向流过和同向流过排管所引起的壳体稳定性问题, 弹塑性体颤振问题等。

从固体力学方面的内容可以看出, 固体力学的研究对象已不限于均匀的简单介质, 而更注重非均质的, 具有细观结构的复杂介质和复杂过程(如辐照、相变等)。它的应用领域也不再限于为结构设计服务, 而更着重于与许多工程与学科领域, 如材料科学与工程, 机械学、电子元件、核工程、生物学等的结合。

4 流体力学各小组报告的主要内容

流体力学方面的主题组是海面流体力学与海气相互作用。有4个邀请报告是以地球流体力学为对象, 牵涉到风-波、波-波、波-流, 非线性波条件下波的稳定性和破碎等问题。这些是大气与海洋间热交换与水气交换的基础, 是决定全球气象和大气灾害的基本环节。报告大都涉及大量现场观测, 包括利用气象卫星、声学、微波技术, 资料充分, 可信度高。

这个主题共有4个口头报告小组15篇论文, G M Afeti (法) 提供了一批水中气泡破碎向空气中抛掷水珠的两种机理和系统的实验结果。J Lighthill (英) 讨论了非线性效应对边缘波的影响, 结论是, 非线性效应可使波高较一般估计的大40%, 这可用以解释季风产生风暴潮时印度沿东海岸的巨浪传播。A P Khain (以) 等提供一篇关于海面温度对热带强气旋的很有意思的数值模拟报告。另外有关于风波生长特征, 风波与湍流的相互作用, 剪切流与自由表面的非线性相互作用, 近表面涡旋运动的实验等工作。

湍流仍是一个重点课题, 除2篇邀请报告外, 有2个口头小组, 1个张贴小组共17篇论文。其中S V Ershov在尝试提出新的模型以模拟湍流的精细结构时, 提出一个新的封闭方法, 以连续介质中空间瞬时混沌的渐近性质为基础, 推导出宏观方程, 主要用于研究大尺度结构的形成, 即大尺度有序平均场的演变。此外还提出一些新的结果, 如M S Borgas提出湍流中质点轨迹没有明显的小尺度结构, 在各向同性湍流中弥散特性是接近高斯型的。H Branover研究一类慢坐标湍流, 其特性是梯度值沿坐标之一很小, 而耗散率的脉动沿该坐标却很大, 和2维湍流特性有很大不同, 给出了能量谱, 扩散系数等的变化。还有2篇关于湍流减阻的论文, R A Handler讨论平面明渠中湍流的数值模拟提出随机地加进某些Fourier谱频的相位, 可降低阻力70%, A V Tur则推导了注入高分子的流体运动方程系统, 探讨了使湍流减阻的机理。

湍流实验测量受到较大重视, 我国魏中磊的剪切湍流中某些实验结果给出圆导线尾迹涡脱落的特性, 和混合层中拟序结构的研究结果。H J S Fernando为弄清海洋和大气中的对流混合, 采用激光诱发荧光和LDA测量了流体系统中层面上湍流混合层的发展。F Schmidt分析了大气中和风洞中所测湍流的分维, 认为两者的分维指标大体相同,

流动不稳定性与混沌共有16篇论文, 凌复华在国外结合化工中搅拌混合的需要, 研究了在哪些参数条件下能产生整体混沌。陈(台)对Taylor-Dean流补充了线性稳定分析, 提出在泵压与转速比的大部分范围内非轴对称不稳定模态占优势。另如磁场作用下的流态稳定性有2篇论文: 用电磁场来稳定导电重力波, 导电球在脉动磁场中的跳动并导致混沌。再如由N-S方程解的分岔从涡旋稳定性提出产生龙卷的数学模型, 表面波中的混沌等。

粘性流的张贴小组有12篇论文, Z Yang(美)研究尾线涡的线性稳定性, 在以Reynolds数 Re 和旋转率 q 的平面图中的临界稳定曲线上, q 随 Re 而增加, 但并不趋于一常值。 q 值在高 Re 数下大于无粘时的值, 说明产生临界稳定模态是粘性质的, 并不因 $Re \rightarrow \infty$ 而趋于无粘极限。T Amari研究了屈服应力水平下磁悬浮体的蠕变行为, 特别是流变特性与絮凝结构之间的关系。R Brandt从关于逆压梯度下重新层流化的边界层实验研究提出, 初始动量厚度 Re 在350—800间时, 通过加速湍流边界层能重新层流化, 且不易分离。

流体中波动的张贴小组有13篇论文, 绝大部分是非线性方面的理论工作, 也有涉及湍流的, 而较多的是讨论孤立波。我国周显初讨论非传播孤立波与表面张力的关系, 在水深和表面张力的参数平面上发现了3个区域: 2个能产生孤立波, 第3个可能产生扭结孤立波。陈学农关于浅水槽中细长船以近临界速度运动的论文, 被选为本次大会流体力学的青年最佳论文。另外的工作如在二层流体界面上发展的有限幅值波; 两个模态的重力驻波的相互影响; 任意波幅孤立内波在分层、弱可压缩剪切流中传播的理论, 处理了地球物理流中的大幅值孤立波问题, 如南北方向分层流体中传播的孤立Rossby波; 声激发使湍流射流中的声场改变, 发展了一个声场与环涡之间关系的模型, 等等。

涡旋运动有2个口头报告小组8篇论文, 涉及水波、气波以及木星上大气红斑和银河中的涡结构, 讨论到涡旋受干扰后的响应, 涡片的卷起, 涡条的扭转等动力学问题。M Koenig对有围壁的圆柱体尾流3维结构进行了实验研究, M V Nezlin用浅水自由面的差动旋转在实验室模拟了上述大自然自组织的涡结构, 并用一个抛物形容容器绕垂直轴旋转, 其浅水的差动旋转靠容器不同底部的各自旋转实现, 这样可以演示自然界中很强的旋风-反旋风的不对称性。

流体混合和二相流方面共14篇报告。A Prosperetti关于气泡力学的邀请报告中着重讲了在气-液流中噪声发散问题并以雨滴产生水噪声为例, 还谈了气泡的声致冷光现象。Van Wijngaarden讨论来自空化和其他气泡流中的水动噪声, 阐述由于湍流压力涨落所产生的气泡体积涨落引起的噪声, 以含气泡的水流流过水翼作为典型情况。D R Sawyers利用混沌混合来加强化学反应, 定常层流在螺旋管内流动, 通过螺旋管转轴的周期性改变, 使分子轨迹做混沌运动, 反应物得以充分散开和混合, 反应增强是 Re 数和Schmidt数的函数, 前者控制二次流强度, 后者控制质量扩散。另如颗粒和可变形胞体在流体中的运动, 气液质量传递问题和流动中的粘性悬浮、沉淀、热传递等问题。

计算流体力学小组有10篇论文, 多半是环绕解N-S方程, 针对具体问题的不同, 提供新的数值方法。Spur提出压缩性尺度法用以计算纯亚声速流和亚超声速混合流, 比传统的隐格式要好。另有人将耗散系统的非线性伽辽金方法用以解化学湍流和高分子理论中的奇异摄动问题; 有人用低维伽辽金近似做柱体3维尾流的不稳定分析; Wang(美)结合导弹系统求解了有3维流动分离的N-S方程; 又如应用边界元技巧研究非球形物体在Stokes流中的运动;

许为厚(加)则提出一种适应有激波等间断性的Godunov计算格式,避免对激波取平均以减小误差和提高计算效率。

空气动力学的论文较少,只有4篇,估计是由于另有许多专业会议可发表论文,故没有到本会来报告。Ziercp在“跨声速研究趋向”的邀请报告中认为今后数值方法的份量将加重,今后将努力寻找求解低阻翼型3维边值问题的可靠程序,特别是层流跨声速机翼,以及研究非绝热流,逆反应流体中的跨声速流。Kluwick从N-S方程出发求解管道中高密度气体的跨声速流,表明等熵膨胀时有3个声速点因而管道需有2个收缩喉口夹1个反喉口才能得到无激波流动;张(台)分析物体在粘性可压缩流中运动的气动力源。

其他流体力学、非牛顿流等小组还有22篇论文,题材各异,较集中的是磁流体和流变学方面。如在分析稀释高分子溶液的自由射流中,发现可发展一种液丝微流变计,它可仅用几秒钟就从一滴液滴测出高分子液体的松弛时间;Stamm等讨论在超流体 He^4 中测出温度和涡线密度分布的问题,可用以研究湍流环境中柱状第2声波的传播,对线性问题还给出了一个解析解,和试验数据符合良好。又如Lekas探讨用磁水动力学MHD电机做替代能源时计算高导电流体的速度和温度场,发现磁场通过Laplace力影响流场,正是该力使离子背离原来方向而走向电极,从而产生电流。

流体力学论文中较多实验工作的报道,多数有实验结果,然而在实验方法小组中却只提出1篇用层析法从干涉数据中重构3维密度场的报告。

5 生物力学及其他小组的报告内容

生物力学主题安排了5篇邀请报告,生物固体力学与生物流体力学各有3个口头小组,1个张贴小组共55篇报告,涉及的面很广。

剑桥的C R Calladine的邀请报告将结构稳定性理论用于生物系统讲了在两个分子水平的杆状生物结构上的应用,即:直径20nm的鞭毛细菌纤维为何是弯曲而不是直的;直径2nm杆状遗传因子DNA的弯曲性能均可用力学分析解释。Van Steenhoven的邀请报告“心血管流体力学”考虑了大血管中的非定常层流流动,发现分叉点的局部几何形态对轴向流和二次流有显著影响,而管壁的可胀性只有最低限度的影响。另外3个主题邀请报告:①“骨细胞如何取得流体剪应力微小变化的信息”做了流体力学分析后认为是细胞膜上的通道在起作用;②“动物运动的节能机理”提出自然的选择是使动物运动的能量消耗最小,为此要减少牵涉的肌肉体积和使用动作慢和耗能少的肌肉,这个研究对机器人设计有意义;③“肺气通道内壁液体层动力学”指出由于呼吸器官的疾病,液体层会显著增厚,出现流体动力不稳定而形成半月板阻塞通道,还研究了含表面活性剂的药滴入肺部时,由于Marangoni对流扩散所产生的速度场及其影响。关于体育运动力学的邀请报告则考虑如何用最小的能量来取得最大的运动成绩提高,并举了力学教师在授课时可用来启发新想法的许多例子。

生物固体力学的小组报告大都用数学力学模拟生物体各部分的生长和运动。由于情况复杂需要进行数值模拟,多篇用了有限元方法,如:讨论肌肉纤维的取向对心室壁的影响;能模拟日常动作的人类脊骨模型;骨的端部软组织生长和有限变形分析;肌肉的疲劳和恢复的动力学模型;用最小应变能原理讨论骨质组织和密度分布的自动优化;C R Steele用力学不稳定性讨论生物微组织的形成,如耳膜接近失稳状态可增强压电效应,向日葵表皮的后屈曲分叉可解释其花蕊的排列;膝关节的数学模型等。刘延柱报告了我国在人体运动的数学模

拟和生物力学解释方面的工作。和生物流体力学结合的有：肺部呼吸时应力的数值模拟，它需考虑气体的运动，肺的大变形及介质的非线性；以振动管内流体的流动模拟红血球滤出，肺内空气交换等问题；以及支气管树的相似律；微粒烟雾在运动的肺泡上考虑温差因素时的沉淀。

生物流体力学方面的一个重点是血液流动，与上述心血管邀请报告有不同意见的有 Perktold 等指出颈动脉管的可胀性在血液动力学中是一个重要的因子，与固壁管比较有显著的不同，在动脉粥样硬化中有较大影响。我国吴望一等提出一种微血管流动理论，解释血球如何通过管壁小孔而使其浓度下降，并进行了模拟。另外的报告还有：人工器官的血液动力学分析；大血管中波的传播；脑脊髓液的非牛顿微极流体模型；以及关于植物组织的模型用来研究植物根系的输运和生长过程；木纤维的孔隙介质模型以研究木疙瘩附近的流动等。

总的看来生物力学涉及面很广，但都尚较初步，采用的模型、几何形状等尚较简单，还属定性分析阶段。

其他方面，有一小组讨论连续介质力学的基本理论，如 T. Honein 为耗散系统建立守恒定律，提出了一个“中性作用法”，可建立用任意微分方程描述的系统的守恒律；G. A. Maugin 等提出在抽象材料流形上建立非均匀非线性弹性材料中的平衡方程，在有裂纹的弹性体中可得到有限变形下的 J, L, M 积分等；还有论文在 Lagrange 提法下正确描述大应变的本构关系并讨论连续介质的局部度量流形；有人报告可压缩孔隙介质的一般本构理论。在有限变形小组，我国郭仲衡提出一个内涵主轴 PAI 方法，它改造了 Hill 的主轴法，而以不依赖于坐标的形式提供结果，证明了如何应用此方法得出有限变形中基本量的内涵表达式。

6 特点

①从内容上看，如前所述关于稳定性的工作特别多，它包括固体材料本身的稳定性，并导致材料弱化的研究。还包括结构的稳定性，如屈曲后的分析，特别是动载荷，热作用下的稳定性，表现为结构经软化而破坏的过程。还有在流体力学中的流动稳定性如湍流的分离，波的破碎等，动力学中的运动稳定性以至生物力学中也有不少稳定性分析问题。由于这些问题的需要，微观力学的研究也较多，如材料中损伤的萌生，发展，断裂的相互作用，以及导致宏观破坏的过程都和内部微观结构的变化有关。而湍流的许多特性同样也和其中微观细观运动有关。如前所述可以预见微观力学将有较大发展。

关于海气问题的主题则主要是增进对自然界的认识，生物力学则是关于生物界特别是与人类健康有关诸问题的认识，可以看到题材十分丰富，而面临的力学问题却十分复杂，有待力学工作者去努力研究。

②在选题方面除了深入认识自然规律外，还可以看到许多课题是直接和生产联系的。稳定性研究固然是解决实际生产需要而提出的，而单晶超合金的循环变形行为则是直接为分析航空发动机叶片寿命服务的。诸如超导薄壳的磁弹性研究，超流体 He^4 的研究，湍流减阻问题，机器人的柔性控制，无损探伤中的复杂问题，接触问题中考虑切向力的作用，等等，都有强烈的生产背景，是为了解决生产中遇到的问题。

另外在利用力学理论进行主动设计方面也有不少有意义的工作，如：复合材料中的最优层位部署；结构的拓扑优化；振动的主动控制；高层建筑中随机风载下的调频阻尼器；在湍流控制的实验中提出了靠施加随机振动可对平面湍流减阻 70%；高速深拉伸的压力加工工艺

中探讨了在压边处增加压力可加大板材的拉薄极限；等等。

③出现一些有意思的新想法，如：以波的干涉来孤立振动，作者把振动的扰动看成波，在遇到间断时会反射、透射，因而可故意引进间断使部分结构与其他部分孤立开来，例如将一个波导分裂成两个平行路径，然后使通过两个路径传过来的波在重新组合时相互干扰和抵消，而这样做对结构的刚度却只有很小的影响。D Shilkrut 在分析非线性结构的平衡稳定性时，提出有没有混沌的静态类比问题。他考虑一个具有正弦形缺陷的无穷长杆，将处理结构静态变形的边值问题转变为一个描述运动的初值问题，对一般性非线性结构，他提出用一个变形图的几何途径并研究了一个非线性板的行为。

在计算方法上提出了处理几何奇点的新方法，消除有限元计算的误差问题，数篇论文研究了动力分析中的时间积分步长问题。

对颗粒材料的研究讨论了颗粒间由完全没有粘接力，到部分少量粘接，到完全粘接的问题，指出只要颗粒间有很少量粘接力就能大大增加颗粒组合体的刚度 E 。对木材进行的动态碎裂强度测试，说明它对突加载荷的抵抗力大大加强，等等。

EIGHTEENTH INTERNATIONAL CONGRESS OF THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS

(Aug. 22—28, 1992, Haifa, Israel)

Wang Ren
Beijing University

He You-sheng
Shanghai Jiao Tong University

Huang Ke-zhi
Qinghua University

Zheng Zhe-min Zhou Xian-chu
Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences