

和制止, 加工过程中的热-力学失稳, 大变形及非线性边界条件因素等, 而大多数报告还是处理材料中变形和破坏的时-空非稳定性问题。例如吕德带的形成, 剪切带的空间格局, 裂缝与位错相互作用, 脆性破裂中原子的作用, 裂缝系统的稳定性和演化, 还考虑其中的塑性不稳定性, 概率性力学分析等。⑥结构分析中数值方法有约40篇报告。实际上其它各组中也都有有一些数值模拟计算的报告, 数量远不止这个数。涉及较多的是动力方面的问题, 如动力模态的叠加, 地震的非弹性响应, 动力接触, 搭接处的波传播, 穿透问题, 裂缝传播, 壳体中失稳的传播, 过渡性屈曲, 壳体的弹粘塑性屈曲等, 还有应用于脑部受伤, 金属成形, 位错堆集的模拟计算, 讨论有限元, 边界元等在设计中的应用, 提到杂交裂尖单元以及裂缝大变形分析, 单元误差计算等, 在反演问题上提出用有限元法确定裂缝位置及其传播路径的问题。⑦机械加工中的力学问题有30多篇报告, 主要讨论了处理新型材料时遇到的问题, 如复合材料切削时遇到脱层, 增强纤维的裂缝传播和研磨的方向问题, 另如铸造物、复合材料激光钻孔时遇到的问题, 射流焊接、复合材料热处理及其引起的残余应力分布和改进问题等。

### 3 会议的特点

①从研究方向上看, 固体力学与材料科学的结合是研究方向, 新材料的应用如电子材料, 各种复合材料, 以及材料性质的研究进入微观和动力学的层次, 从静态到破裂演化, 考虑寿命等等特点十分明显, 这是固体力学发展的主要趋势, 由它带动数值计算、非线性稳定性、动力问题等。②结合实际应用的特点, 报告人不少是直接来自产业部门研究所的, 报告更多是学校和产业部门研究所结合的。数值计算的题目很多就是解决实际应用问题, 如火力发电厂设备的寿命与高温无损探伤问题, 撞击中考虑航空材料受高速(并不很高)撞击是考虑飞行器在起飞与降落条件下物体的碰撞。冰力学是处理极地圈中实际遇到的情况。纺织力学是针对航空中纺织复合材料的问题。有一篇报告讨论公元前500年波斯大败于希腊是由于后者盾的强度比前者高20%, 足以说明当时的冶金技术水平的重要性。理论工作也都说明研究的目的, 要解决的问题。③老中青学者的结合。老的学者常常是提出一些方向。一个分会常是一个单位的若干篇报告组成, 围绕着一个题目从不同方向上讨论。导师带来博士生、硕士生、年青教师有充分展示自己的机会。由于平行进行的有11个组, 题目也常是相关的, 顾此失彼, 参加不过来。这种会每年两次, 成果发表得快, 能及时了解动态也是一个特点。

北京大学 王仁 供稿

## 国际理论与应用力学联合会 (IUTAM) 非线性断裂分析学术讨论会介绍

(1995年9月4—7日, 英国剑桥大学)

国际理论与应用力学联合会 (IUTAM) 是国际力学界最广泛的学术组织, 我国于1986年恢复为成员国。非线性断裂分析学术讨论会是该会每年举行的约10个小型专家学术讨论会之一。本次会议于1995年9月4—7日在英国剑桥大学举行, 由 J. Willis 教授主持。会议议题包括: (1) 近代非线性动力学对于断裂问题的应用; (2) 断裂的尺寸效应; (3) 裂纹动力学。本次会议邀请了力学、物理学、材料科学与地球物理学专家参加, 参加会议的代表共

75人,其中澳大利亚3人,奥地利2人,中国3人(其中2人由美国前往),丹麦2人,芬兰5人,法国6人,德国2人,以色列2人,日本3人,波兰1人,俄罗斯4人,新加坡1人,英国11人,乌克兰5人,美国25人,会议宣读论文46篇,墙展论文22篇。

本次会议有许多国际著名的断裂力学的专家学者参加,现将会议的主要成果报告如下:

### ①结构的尺寸效应

在材料科学与固体力学领域人们早已了解到这样的事实:同样一种材料制成的大尺寸试件的强度常常劣于小尺寸试件的强度。这个现象严重地妨碍科学家与工程师根据试验室小试件的试验结果去预测或判断实际大尺寸工程结构的强度。现有的宏观力学强度、破坏与塑性理论均不能解释或预测这一现象,因为在现有的理论中都没有考虑材料的尺度。

美国西北大学 Z. P. Bazant 教授在“断裂与破坏力学中非经典问题的研究与分析”论文中提出含裂纹结构的变形能不仅取决于名义应力(即载荷)的平方与裂纹长度,而且还取决于结构的特征尺寸。虽然由此可导出结构的承载能力(名义应力)依赖于特征尺寸的关系,可以与试验结果相符合,但 Bazant 没有指出如何从理论上得到这种关系。澳大利亚悉尼大学 B. L. Karimloo 教授的论文“准脆性材料与结构中断裂的尺寸效应”所研究的准脆性材料具有在达到拉伸强度以后软化的特点。为了对这一软化行为进行力学的描述,引进了一个材料参数,即材料的特征长度。采用内聚力裂纹模型,考虑拉伸软化区应力与开口位移的非线性关系,可以解释准脆性材料制成的结构的尺寸效应:在小尺寸结构中发生韧性破坏,而在大尺寸结构中发生突变式的脆性破坏。

美国布朗大学 A. Needleman 教授等的论文“在弹塑性固体中快速裂纹扩展的数值研究”与丹麦技术大学 V. Tvergaard 教授的论文“在大范围屈服下裂纹扩展阻力与过程区参数的关系”利用材料的本构关系和内聚力面上的材料分离律(无需裂纹扩展准则),用数值方法计算裂纹扩展行为。由于在材料分离律中出现一个特征长度,因此计算结果可反映出不同试件尺寸和裂纹深度的影响。美国布朗大学 C. F. Shih 教授等的论文“韧性/脆性断裂——用计算单元模拟断裂过程区”采用解理断裂与韧性撕裂的不同的计算单元来模拟断裂过程区,这样可在宏观的力学计算中反映细观结构特征的影响。论文还考虑了加载率的影响。计算结果得到:在发生解理断裂之前的韧性撕裂量强烈地依赖于试件的绝对尺寸和裂纹深度。近年来英国剑桥大学 N. Fleck 和美国哈佛大学 J. W. Hutchinson 教授提出了一种含有材料特征长度的新的塑性理论,称为“应变梯度塑性理论”。这种塑性理论能够预测粗细不同的金属丝在承受扭转时具有不同的剪应力-剪应变曲线。清华大学黄克智等的论文“具有应变梯度效应的材料中的裂纹尖端场”得到了按照这一新的应变梯度塑性理论的幂硬化材料裂纹尖端场,结果反而比经典的不考虑尺寸效应的 HRR 解更为简单,这一新的结果有可能会提供一些复杂断裂现象的解释。

### ②裂纹动力扩展失稳与扩展剪切带

以色列希伯来大学 E. Sharon 等与美国德克萨斯大学 J. Fineberg 的论文“动力断裂失稳的机制——裂纹局部分叉”用试验结果说明动力断裂失稳表现在小的裂纹局部细观分叉,因此造成断裂面形成细观结构,并伴随有裂纹扩展速度的振荡。旅美斯坦福大学的高华健(H. Gao)教授的论文“动态断裂失稳中的非线性弹性效应”认为动态断裂过程可以看作是两种裂纹尖端场的竞争,一种是对应于高惯性(高马赫数)并促进裂纹分叉的局部尖端场,另

一种是在外围的对应于低惯性（低马赫数）并抑制裂纹分叉的表观尖端场。出现这一竞争的原因是当裂纹沿着振荡形的断裂路径扩展时有两种不同的速度，一是局部扩展速度，另一种是表观速度。高华健进而证明动力扩展裂纹有一个与材料理想强度有关的局部极限速度。美国哈佛大学 J.R.Rice 教授的论文“具有非均匀韧性的固体中的统计弹性断裂动力学”探讨了当韧性非均匀时，可产生断裂传播的扰动，甚至使裂纹前缘发生无序的错乱。美国加州大学圣地哥亚分校 S.Nemat-Nasser 教授的论文“非弹性固体中动态裂纹扩展对绝热剪切带的应用”指出动态扩展裂纹尖端应力应变场同定常扩展绝热剪切带有许多共同点，只是在剪切带的周围有一薄的边界层。美国加州理工学院 A.J.Rosakis 教授等的论文“在金属中的动力扩展剪切带：温度与应变场的光学与红外高速测量”对马拉琴钢 C-300 与 Ti-6Al-4V 在 II 型冲击载荷下绝热剪切带的起始与动力扩展进行了实时量测，在 C-300 材料剪切带内部温度接近熔点的 90%，剪切带扩展速度高达 1200m/s。同时采用临界塑性应变作为剪切带扩展条件进行了有限元模拟。美国加州理工学院的 M.Ortiz 教授等的论文“在热粘塑性固体中动力边界层与动力剪切带的二维结构”根据沿垂直于边界层方向快变化的假定，建立了动量平衡、能量平衡与硬化的边界层方程，建立了考虑惯性、硬化、热耦合、热对流与传导，以及热软化等热粘塑性固体的一般边界层理论，并研究了解的二维结构。

### ③ 复合材料与界面

本次会议中有很多篇论文探讨复合材料与界面的力学问题，例如裂纹进入界面后的扩展或止裂问题，基体纤维和桥联蠕变，纤维增强陶瓷的纵向开裂与微屈曲。

此外，专门有一个单元的内容是关于地震与地层摩擦的研究。

从会议的内容来看，探讨材料与结构的尺寸效应的原因，并建立新的强度、破坏与塑性理论，是目前国际学术界瞩目的中心之一。从研究的方法来看，由于材料的强度是跨越从原子、晶格、位错一直到宏观尺寸的不同层次的现象，孤立地限于一个尺度的研究必然带有局限性。不同尺度与层次研究的结果与连接将是破坏学科取得突破的主要途径。美国哈佛大学 J.W.Hutchinson 教授指出在原子尺度与塑性力学可适用的过程区尺度（1 至 100  $\mu\text{m}$ ）两者之间还存在一条鸿沟，需要人们去填补。

在会上宣读的论文将刊于论文集。

清华大学 黄克智 供稿

---

**更正** 撤消本刊 1995 年第 4 期第 433 页“21 世纪初的力学发展趋势”一文 题注中最后一句有关一般力学的说明。——本刊编辑部