

第1, 2届国际耦合问题会议简介

1981年9月,由O. C. Zienkiewicz于他所在的英国Swansea大学召开了第1届国际耦合问题会议。1984年在同地又召开了第2届国际会议。两次会议均出版了专集。这两次会议标志着耦合效应的计算机模拟引起广大力学工作者特别是有限元及边界元工作者的日益重视。第1届会议广泛收集了各个领域耦合问题的论文,文集厚达1000余页。会议首次将耦合效应归结为八类:①流-固交互作用即流-固耦合振动。这是古典力学未能实际解决的水动弹性或气动弹性问题的统称,近几年这一领域特别活跃,我国也已有不少学者从事这方面研究。②结构-结构间的相互作用。这种耦合效应包括分层效应,边缘效应,接触问题,弹塑性效应等,也是原有单一材料、单一区域的有限元模式包括SAP, ADINA等大型有限元程序所无法处理的新课题。③地质力学中的耦合效应。主要指结构与土壤或岩基之间的耦合效应,它的特点是计及渗流和地震的影响。④声波耦合效应。主要研究波的传播与结构响应间的关系。⑤润滑问题的耦合效应。主要研究轴承中高压润滑油薄膜层的数值模拟,比一般干接触问题的难度更大,有时还需计及热效应。⑥热耦合效应。即同时计及热效应与弹性效应,比古典的解耦理论精确,但具有很强的非线性。⑦电磁耦合效应。主要限于固体结构在电磁场中的耦合响应。当然,电磁场及电磁波的传播本身就是亟待深入研究的课题,流体的电磁效应及等离子体(包括热效应)的数值模拟难度将更大。⑧流体问题中的耦合效应。包括湍流,边界层,激波,多相流等高难度课题。

第2届会议是作为庆祝O. C. Zienkiewicz 60寿辰的一项活动召开的。因此许多有限元法的著名学者到会并亲自撰文,如R.H.Gallagher, J.H.Argyris, T.H.H.Pain(卞学璜), J. T. Oden, R. W. Clough等。文集对O. C. Zienkiewicz在有限元领域的贡献作了介绍和评价,列出了他的主要文献257篇。更重要的是,会上由O.C.Zienkiewicz对“耦合”这个词作了较确切的定义,并对各种耦合效应作了统一分类。

在有限元法的发展过程中,最早出现的是位移(displacement)模式,后来又出现力法,接着就出现所谓“混合”(mixed)模式。因此有必要把近几年刚提出的“耦合”(coupled)与“混合”一词加以区别。混合型表达式,是指在单一区域上方程和边界条件含有多种变量(如既有位移又有应力),这些变量可以用消元法消去某一种变量而使问题仍保持可解。若所含变量不能消去,或强行消去仍不能得到另一个可解问题,就称为“不可约”问题。

与混合表达式不同,耦合表达式本质上是多个区域上的表达式,其中各类变量分别描述互不相同的物理现象。它还有两大特点:①一个区域的物理问题无法完全脱开另一个区域的物理问题单独(解耦地)求解;②也没有一个应变变量能够事先消去而变成较少应变变量的可解形式。例如在位移、应力混合型有限元模式中,可通过本构关系将应力消去得到单纯的位移模式,只不过对某些问题采用混合模式有独到好处(如便于引入边界条件,方程的数学处理

(下转第387页)

集中着计算固体力学发展方面的期刊包括: *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*; *Computers and Structures*; *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.

报道计算力学数值和模拟问题方面的学术会议文集包括:

Hughes, T J R, Gartling, D, and Spilker, R (Eds) (1981). *New concepts in finite element analysis*, ASME, New York.
Lee, E H, and Mallett, R L (Eds) (1982). *Plasticity of metals at finite strain: Theory, computation and experiment*, Div of Appl Mech, Stanford Univ and Dept of Mech Eng, Aeronaut Eng and Mech, RPI.
Liu, W K, Belytschko, T, and Park, K C (Eds) (1984). *Innovative methods for nonlinear problems*, Pineridge Press.
Nemat-Nasser, S, Asaro, R. J, and Hegemeir, G A (Eds) (1984). *Theoretical foundation for large-scale computation for nonlinear material behavior*, Martinus Nijhoff, Dordrecht.
Noor, A K, and Housner, J M (Eds) (1983). *Advances and trends in structural and solid mechanics*, Pergamon, New York.
Willam, K J (Ed) (1984). *Constitutive equations: Macro and computational aspects*, ASME, New York.

计算力学方面的重大进展也在一般固体力学期刊上报道, 有时论文中集中报道力学问题和模拟问题。报道这种研究的期刊包括: *International Journal of Solids and Structures*; *Journal of Applied Mechanics*; *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*.

董务民译自: *Appl. Mech. Rev.*, 38, 10 (1985): 1282—1283.

(上接第 430 页)

简化等)。但在流固耦合问题中, 本来以位移为变量的固体区域和以压力为变量的流体区域是描述不同现象的, 但在各自方程中又同时出现, 且无法事先消去, 故属于典型的耦合问题。

耦合问题还可归结为两大类: 1) 不同物理问题的解域互相重叠(全部或局部), 这时耦合效应体现在微分方程本身。2) 仅在交界面上发生耦合作用, 因此通常只能通过边界条件予以体现。这一类耦合又可分为两个分支: ①不同物理现象发生在不同区域, 如流固耦合。②同一种物理现象在不同区域提出适定问题, 而在交界面上又有耦合效应。例如两个子结构或支臂同是弹性问题, 交接面的耦合效应仍是需要研究的问题。

按照上述分类概念, 可望在数值方法上达到统一。如第一类问题可与混合型模式同样离散化, 但方程常不对称; 第二类的①与第一类的区别仅是多了一项交界面积分, 且同时出现两个区域不同物理量的插值函数, 不过两个区域可采用不同阶次的单元及粗细不同的网格。第二类的②则各个区域本属同一类问题, 如固体子结构方程当然仍对称, 但交界面耦合效应不能用简单的边界条件模拟, 因此这类耦合效应的计算反而不太成熟, 这是值得引起注意的研究课题。

武汉大学数学系 冯振兴