

为此,最近推出了一种逐步时程积分的精细算法¹⁾。这个时程精细积分的核心是对于矩阵指数函数, $\exp(H \cdot \Delta t)$ 的计算,其中 H 为给定矩阵。这个函数应用广泛,过去并没有满意的算法。精细积分法放弃了通常的差分格式,可以将逐步积分的计算精度大幅度提高,而在计算机上可以很方便地实现。对于线性定常系统解答达到了在计算机字长范围内几乎是精确的数值解。这个算法看来潜力很大,已经用于结构动力方程、控制论 Riccati 方程的求解。也已用于非平稳随机振动的快速分析。对有限元半解析法、断裂奇点元、波的传播计算等也将起作用,还应该进一步进入非线性领域中去。

动力系统的高精度计算无疑是一个引人注目的课题。本世纪发现的混沌现象揭示了非线性方程的混沌,一个初值的微小变化都可能使随后系统的运动出现完全不同的图像,因此混沌的系统就是对初值敏感的系统。混沌问题的性质要求尽量减少积分过程中的误差积累,对算法有高度要求。

所举时程精细积分算法只是计算力学发展中出现的一个例子。还有许多很出色的算法,象快速富里叶变换 (FFT)、哈密顿系统的辛数学算法、各种形式的数值与分析结合的算法、优化的诸多算法等等,对力学的发展都起了不可忽视的作用。

力学要应付时代对它的挑战,就必须发展自己的理论、实验、计算三大支柱。三者互相扶持,缺一不可。今后计算机硬件的功能肯定将有更大的发展,力学必须充分利用这种时代给予的机遇,应该加强计算力学的算法研究和软件开发,以回答理论探索 and 实际建设中的问题。当然,计算力学也并不仅仅是按力学中现成的理论作一些计算而已。计算力学有很大的能动作用,它拓展了设计分析的领域,成为力学通向工程应用的桥梁;它极大地增强了力学的手段,发现了许多未知的现象;对力学的理论体系发生了深刻的影响。所有这些清楚地表明,计算力学已成为工程力学中最活跃的成员之一。计算力学的发展现仍处在年青阶段,在下世纪定会取得更大的成就。

(本文于 1995 年 6 月 5 日收到)

也谈力学 —— 基础和前沿

谈庆明

(中国科学院力学研究所,北京 100080)

最近一个时期常听见对力学的两种评价:一种是力学过时了,没什么好研究了;另一种是力学不解决问题,时髦的说法是不能转化为生产力。不论哪一种都是力学无用论,因此,力学要被排除在基础学科之外,研究所和大学的系要改名字,考大学不念力学,力学真的不时兴了,真的无用了?实际不是如此,这里简单说说力学既是科学的基础和前沿,也是工程技术的基础和前沿。

有人认为力学不是基础学科,而物理是最基础的学科。那末请问物理学的定义是什么,它包含什么内容?我看不容易答好。顾名思义,物理学是研究和反映物质(或物体)本性和运动规律的科学。如果进一步问,物质、本性和运动又是指什么?那就太广泛了,物质可以小到基本粒子,大到宇宙,而运动形态则从宏观机械运动、光、电、磁、量子效应……等等,可谓包罗万象。在这些形态中,机械运动是人类最能直接观察和感知的,力学是研究物

¹⁾ 精细积分法初见于钟万勰《计算结构力学与最优控制》p.269-277,大连理工大学出版社,1993年。随后见《大连理工大学学报》34卷2期,1994年,《计算结构力学及其应用》11卷2期,1994年及12卷3期,1995年。以及大连理工大学工程力学研究所研究报告“计算力学及其精细积分”。

质机械运动规律的科学，可见力学是物理学的一个分支，而且是最大最具基础性的分支。试想如果大学的物理课不先讲力学那末先讲什么呢？记得谈镐生先生在 1978 年时就说过，为什么物理学家命名量子力学、热力学、统计力学、相对论力学……等等，都称力学；而力学家却退退缩缩，不敢理直气壮提力学。前几天美国生物力学之父的知名科学家冯元桢先生在中科院力学所做题为“力学园地的源泉”的讲演，说 20 世纪上半叶出现了牛顿力学、量子力学、相对论力学、统计力学等，都以力学命名，那末下半叶有哪几样科学也是由力学唱主角呢？冯先生没有直接回答，只是说 100 年以后力和运动还在，只要力学家自己安定下来，便有做力学的灵感，为说得更确切，他便讲自己做生物力学的一段历史，也介绍了在分子、细胞、组织和个体各层次中存在的问题。可见生物也要以力学作其基础，而力学家在各层次中都大有用武之地。长时期以来，中国科学院内存在一种偏见，谈起基础学科总是谈数理化天地生，唯独没有力学，这里先不说天地生属基础还是应用科学，前面已谈到生物和力学的关系，再说几句力学和其他几门科学之间的关系。想想天文学，人类最早研究行星和恒星的运动，提出物体运动的第一个模型：质点和质点系运动，牛顿从行星运动的规律出发建立了牛顿力学，从那时起力学模型不断发展，从质点、刚体、变形体、流体、直到等离子体等，说明探讨星体、星系和宇宙的起源和演化离不开力学。谈到数学，在历史上数学和力学简直是孪生兄弟不可分离，牛顿研究力学，同时发明了微积分。数学家吴新谋先生曾经说过，百分之九十几的微分方程可以在力学中找到。求解非线性方程的有力工具，如摄动法就要提到力学家郭永怀、钱伟长的名字。又如反演散射法则从研究水波中来。至于地学，有地球动力学、大陆动力学、海洋动力学，它们与力学没有什么两样。再谈化学，化学现象不只是单个分子内部或分子与分子之间的作用和变化，实际反应总伴随大量分子的物质扩散和混合运动，均与力学不可分。所以说，数理化天地生缺不了力学，而力学又是它们的基础部分。最近二、三十年来，从力学研究中发现了混沌，并已经成为数学、光学、化学等等非线性科学的一个非常活跃的研究前沿。至于流体中的湍流和固体中的破坏更是大家关心的基础和前沿难题。

关于力学和工程技术的关系，工程师最有发言权，他们公认力学是工程技术的基础，而前面提到的湍流和强度则是迫切需要研究解决的前沿。工学院的学生都要学力学，美国第一流的工学院中的机械系、航空系、土木系、动力系、化工系、环境系等等，如果愿意改名为力学系也未尝不可，在这些系里出现优秀的力学教授是不足为奇的，想想我们所处的喷气推进时代的来由，这和自称是工程师的力学大师 von Karman 分不开。郑哲敏先生在 1992 年的力学学会理事会上做过一个重要报告，他举 von Karman 和钱学森先生在三、四十年代所做的力学杰作为例说明优秀的力学工作要超前工业技术二、三十年，由于他们的工作，才有今天的航空、航天时代。这正是力学研究最终必然会创造巨大生产力的典范。如果设想当年要 Karman 和钱到市场上转化为生产力，那末喷气飞机和导弹又怎么来呢？

现在政治家中的有识之士已经认识到基础研究、应用研究和技术之间存在密切关系，而把某项具体活动绝对划入任何一个领域常使人误入歧途。最近，我国政府已决定到本世纪末将科研投资增大到国民经济总产值的 1.5%。除了投资以外，还应注意下面两个急需扭转的危险倾向。一个是科研队伍的中空现象，很多科研骨干已向技术开发转移，重要的课题组解散或不配套；另一个是后继乏人，现在的高材生不愿学力学，他们奔外语、生物、经济去了，不少工学院教常微方程只是一带而过，使弹性力学的教授无法讲授，相当多的研究生热衷于学外语和计算机课，认为学数学和力学吃力不讨好。数学和力学的基础没学好，哪来高水平的科技队伍。希望领导重视，动员全社会的力量早日扭转上述倾向。

(本文于 1995 年 6 月 7 日收到)