

文章编号: 1000_0887(1999) 12_1211_04

信息技术时代的工程力学和材料研究^{*}

张建平, 丹尼尔 C. 戴维斯

(美国国家科学基金会 工程委员会 土木与机械系统部 力学与材料工程部, 阿灵顿, VA 22230, 美国)

摘要: 论述了信息技术的重要性和发展方向, 讨论了科学和工程基础研究的主要任务, 建议了 21 世纪力学和材料科学的研究方向

关键词: 工程力学; 材料; 信息技术; 美国国家科学基金会

中图分类号: N13; TB12; TB39 文献标识码: A

引 言

半个世纪以来, 美国国家科学基金会(NSF)一直支持着科学与工程的基础研究, 并可望在下一世纪继续这样的计划。由于美国致力于基础研究, 因此美国很可能继续主宰主要市场^[1]。在这半个世纪, 技术一直是带动经济的主要动力, 同样, 国家科学基金会也一直是这些技术发展的主要支持者。国家科学基金会工程助理 Engene Wong 认为有三项尖端技术(Wong, 1999)^[2]:

• 微电子学——摩尔定律: 在过去 30 年中, 微电子效能每两年翻一翻, 尺度无限小, 纳米技术是不断地微型化过程的基础。

• 信息技术——国家科学基金会和美国国防科学研究处大约在 30 年前开始技术网络革命, 实现了计算与通信的结合。

• 生物技术——借助于先进的计算机技术, 探索生命分子的奥秘, 同时在生物工程、生物学、化学, 包括物理学的力学和材料科学等方面取得进展。

通过促进这些技术领域主要学科关键点的研究和发展, 国家科学基金会能够促进工程的主要发展。如果在这些技术上制造一些特殊的连系或结合, 则固体力学和材料工程的结合将能更好地发挥作用。一些固体力学和材料工程结合很有创建的例子是:

生物力学/材料	模拟/模型
薄膜力学/材料	微电子机械系统(MEMS)
波动传播	智能材料/结构
纳米力学/材料	可设计材料

国家科学基金会有相当的资金用于支持与基础研究相适应的技术。这些机会将有利于个人研究者、研究小组、小研究团体以及大的有组织研究团体。然而基金的大部分将不断地支持那些主动提供有创新建议“蓝色天空”思想的个人研究者。

* 收稿日期: 1999_08_22

作者简介: 张建平, 男, 教授, 博士, 美国国家科学基金会力学与材料工程部主任。

除国家科学基金会外,还存在通过广泛系统的创新带动美国联邦机构增加研究资助的想法。这些创新之一就是信息技术(IT)(见上述所列尖端技术)。总统信息技术顾问委员会(PITAC)建议:“在信息技术中引进信息技术研究和发展的直接和有效的成果。信息技术对于21世纪美国经济的增长和繁荣是必不可少的。”PITAC[www.ccic.gov]得出结论:现代美国对信息技术的支持是很不够的,并且最新研究成果也仅“集中于短期的直接回报。”PITAC建议信息技术的研究和发展应长期优先集中在软件的开发上。“这些软件应该是非常适用、可靠和有效的,是可以发展的信息的基础;它能满足大量用户的要求,满足具有快速度计算和快速数据运动功能的高目标计算系统的要求;并且满足对市民的信息技术教育和培训要求”。实现这些目标需要不同的研究模型,以适应范围广泛、持久的和重点的研究项目。最重要的是利用这些新的信息研究技术促进有利国家的、急需的应用研究领域的发展。

1 讨 论

国家科学基金工程委员会与其它NSF委员会及联邦机构最近联合通报了几个创新的信息技术。1999年初,国家科学基金计算机、信息科学和工程(CISE)委员会及工程委员会与国际计划部合作,联合通报了无线信息技术和网络技术(Program Announcement NSF 99_68)。“面对因特网服务、有线电视电视和信息技术的巨大需求,要求国家在21世纪强制发展宽频移动无线通讯系统。”研究人员面对着许多技术挑战,并且在最近的将来,显然能实现每秒数十兆的数据速率目标(例如,实现宽频因特网数据存取)。

微系统工程委员会研究开发:“芯片上的XYZ”(Program Announcement NSF 99_31)集中在微电子技术的非电应用及微尺度上的非电处理工程。这里XYZ涉及任何非电现象,例如生物学、基因学、化学、光学、力学、材料、传感器、调节器和软件。固体力学和材料工程XYZ相关现象的例子包括微电子机械系统、纳米力学等等。

基于生命周期模拟和工程模型的开发是一个由国家科学基金会和SANDIA国家实验室合作的研究项目(Program Announcement NSF 99_56)。它集中于提高对计算机仿真有促进作用的基础研究。这种合作开发发挥了团体的作用。国家科学基金会的任务是提高美国的基础科学和工程基础。

SANDIA有责任提供解决广泛的有关国家安全及其他方面的工程难题,它正向着基于计算、模拟的工程过程靠近。因此,资金要用在通用的高性能计算机平台上。在工程的中心领域,例如热科学、力学和设计,FY99开发一直在寻找优化的模型和模拟的方法。这种开发将持续到一年以上。

扩展国家科学基金会研究开发生物复杂性:微生物和生物学、化学、地质学、物理学以及社会系统之间的相互关系的基础研究是一个长期研究项目,它支持“使微生物学和生物学、化学、地质学、物理学和包括复杂系统的社会系统之间的相互关系的基础研究一体化。”探索生物复杂性需要汇集经过严格训练的科学家们的集体智慧。这包括:“生物学、物理学、化学、地质学、水利学、社会科学、统计学、数学、计算机科学和工程科学(包括力学和材料科学)。”这种合作不能通过机关、政府以纪律条款来强制执行。

由于美国经济的70%是新生的服务行业,针对“攀登计划、制造/建设程序、运输系统、健康防疫系统、模型和模拟过程、政府管理部门和其它”,对服务性产业的工程学提出了更高的要求^[2]。尽管它很重要,但服务业缺乏真正的科学基础。软件工程的目标还是针对服务业的应

用(Wong, 1999)^[2]。这些包括: 质量控制、更强的纠错(伪造系统)能力、可量测性和实施, 攀登计划系统的创新正在发展。

国家科学基金会的土木和机械系统部门(CMS)正在计划开发基础模型模拟(MBS)^[3], 基础模型模拟是一个使物理测试设备与模拟软件系统相结合的程序。该软件虚拟测试环境, 目的是减少生产的开发时间和成本。该开发将冲击许多土木/机械领域: “结构学、土工学、材料科学、力学、表面科学和自然灾害学(如地震、风灾、海啸、洪水和滑坡)。”基础模型模拟将包括“组合数值方法, 例如有限元法、有限差分法并结合统计方法和可靠性、试探法、随机过程等, 所有组合包括利用超级计算机系统完成模拟、显示和虚拟实验。”期望的结果可能是研究与发展计划实施中的几个物理试验或战略计划的最好的、较好的物理试验。在研究中利用MBS(基础模型模拟)设计和开发的例子在环境科学、生物科学、航空、自动化和国防工业中比比皆是。例如, 第一架波音777飞机的制造就是基于计算机辅助设计和模拟。可以在不久的将来宣布, 本作者的观点是符合时代特征的。

今后, 人们希望不断出现和国家国事议程相关的大胆创新的研究开发, 例如环境、土木和机械相关结构, 服务产业和商业企业。

2 对力学和材料工程的挑战

对力学和材料研究的连续挑战是: “我们能否对广阔的基础研究和多变的研究态向有所贡献?” 虽然对可预测的将来, 主要的研究基金仍将支持传统的项目, 但相当的多的研究基金将直接流向这些国家研究开发的重点项目。

力学和材料工程实际上是一枚硬币的两个面, 是真正紧密相连的一体。在过去十年里, 虽然不同尺度的(从微观级到系统级)(表1)和真实的模型至今还未得到, 力学和材料工程合作计划的努力已使整个物理学尺度范围内材料和结构得到了较好的设计和理解。过去, 工程师们和材料科学家们为了得到材料的特性已付出大量的精力。随着先进的计算技术和材料科学的新发展, 现在研究人员能够描述进行的过程、设计和制造出具有人们所希望的特性和功能的材料。挑战之一是通过细观尺度和宏观尺度的材料特性去模拟短期微观尺度材料特性从而模拟结构系统的长期工作特性。速成模拟各种环境因素的作用和影响的试验是必要的。超级计算机和相应的工作站对解决这些不同尺度的问题是有用的工具。通过对大量的变量和未知其量的计算, 把微观特性投射到基础结构系统行为中, 由短期试验结果模拟或推断其长期性能(Chong, 1999)^[4]。

表 1 材料和结构系统的物理尺度

材料		结构		基础结构
纳米级(10^{-9})	微观级(10^{-6})	细观级(10^{-3})	宏观级(10^0)	系统级(10^3)
分子尺度		微米	米	千米尺度
纳米力学	微观力学	细观力学	梁	桥梁系统
自装配	微结构	交界面结构	柱	救生系统
纳米构造	智能材料	复合结构	板	飞机

3 感谢与反馈

作者感谢合作者与研究委员会成员对本文提出的意见和建议。我们非常赞赏向研究会进一步反馈信息, 请按照如下电子邮件地址 [kchong@ nsf. gov] 和 [dcdavis@ nsf. gov] 反馈意见。有关国家科学基金会的开发、通告和奖励基金等信息能够在基金会的网站 [www. nsf. gov] 上找到。

4 泄密和版权政策

在此文中表达的观点仅代表作者个人的, 既不代表国家科学基金会也不代表 NSF 其他同事们的观点。本文虽由美国政府雇员撰写, 但是它不受版权制约并可以广泛传播。

[参 考 文 献]

- [1] Wong E. An economic case for basic research[J]. *Nature*, 1996, **381**: 187~ 188.
- [2] Wong E. Engineering the service industry [DB/ OL]. <http://www.eng.nsf.gov/engnews/1999,1999,5>.
- [3] Sack R. Model-Based Simulation [M]. white paper. Arlington, VA: National Science Foundation, 1999; See also: [www.eng.nsf.gov/cms/] for any update.
- [4] Chong K P. Smart structure research in the U S[A]. Keynote paper. In: Proc NATO Adv Res Workshop on Smart Structures, held in Pultusk, Poland, 6/98, Smart Structure [C]. Kluwer Publ, 1999, 37 ~ 44; See also: Boresi A P, Chong K P. Elasticity in Engineering Mechanics [M]. New York, NY: John Wiley, 1999; (中文版: Boresi A P, 张建平, 工程力学中的弹性理论 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.)
- [5] NSF. Long term durability of materials and structures: modeling and accelerated techniques[R]. NSF 98_42, Arlington, VA: National Science Foundation, 1998.

Engineering Mechanics and Materials Research in the Information Technology Age

Ken P Chong, Daniel C Davis

(Mechanics and Materials Programs, Division of Civil and Mechanical Systems,
Directorate for Engineering, National Science Foundation, Arlington V A 22230, U S A)

Abstract: In this paper, importance of information technology research and development for economic growth and prosperity is presented. Major mission of the research for fundamental science and engineering base is discussed. Critical points of the mechanics and materials research in the 21th Century are proposed.

Key words: engineering mechanics; materials; information technology; NSF