

计算机辅助工程(CAE)技术及其应用

王自勤

(贵州工业大学 机械工程与自动化学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 阐述了国内外计算机辅助工程技术的概况, 对目前国内 CAE 技术应用方面存在的问题和今后的发展方向进行了分析。

关键词: 计算机辅助工程; 数值模拟

中图分类号: TP391.7 **文献标识码:** B

0 前言

随着计算机技术的高速发展, 极大地推动了相关学科研究和产业的进步。有限元、有限条、有限体积以及有限差分等方法与计算机技术的结合, 诞生了新兴的跨专业和跨行业的学科分支; 计算机辅助工程(CAE)作为一项跨学科的数值模拟分析技术, 越来越受到科技界和工程界的重视。现在, 国外在科学研究和工业化应用方面, 计算机辅助工程技术已达到了较高的水平, 许多大型的通用分析软件已相当成熟并已商品化, 计算机模拟分析不仅在科学研究中普遍采用, 而且在工程上也已达到了实用化阶段。

通过多年的不懈努力, 我国在 CAE 仿真分析方面也取得了长足进步, 建立了自己的计算机辅助工程科技队伍, 在许多领域开展了 CAE 技术的研究和应用。但目前我们的 CAE 技术与发达国家相比仍存在一定的差距, 特别是在具有自主知识产权的大型通用分析软件的开发和 CAE 技术的工业化应用方面, 这种差距还相当明显。

二十一世纪, 是信息和网络的时代。随着计算机技术向更高速和更小型化的发展和分析软件的不断开发和完善, CAE 技术的应用将愈来愈广泛并成为衡量一个国家科学技术水平和工业现代化程度的重要标志。大力推进我国计算机辅助工程技术的科学研究和工业化应用势在必行。

1 国外 CAE 技术概况

计算机辅助工程的特点是以工程和科学问题为背景, 建立计算模型并进行计算机仿真分析。一方面, CAE 技术的应用, 使许多过去受条件限制无法分析的复杂问题, 通过计算机数值模拟得到满意的解答; 另一方面, 计算机辅助分析使大量繁杂的工程分析问题简单化, 使

复杂的过程层次化, 节省了大量的时间, 避免了低水平重复的工作, 使工程分析更快、更准确。在产品的设计、分析、新产品的开发等方面发挥了重要作用,

同时 CAE 这一新兴的数值模拟分析技术在国外得到了迅猛发展,技术的发展又推动了许多相关的基础学科和应用科学的进步。

在影响计算机辅助工程技术发展的诸多因素中,人才、计算机硬件和分析软件是三个最主要的方面。现代计算机技术的飞速发展,已经为 CAE 技术奠定了良好的硬件基础。多年来,重视 CAE 技术人才的培养和分析软件的开发和推广应用,发达国家不仅在科技界而且在工程界已经具有一支较强的掌握 CAE 技术的人才队伍,同时在分析软件的开发和应用方面也达到了较高水平。

美国于 1998 年成立了工程计算机模拟和仿真学会(Computer Modeling and Simulation in Engineering),其它国家也成立了类似的学术组织。各国都在投入大量的人力和物力,加快人才的培养。正是各行业中大批掌握 CAE 技术的科技队伍推动了 CAE 技术的研究和工业化应用,CAE 技术在国外已经广泛应用于不同领域的科学研究,并普遍应用于实际工程问题,在解决许多复杂的工程分析方面发挥了重要作用。

国外对 CAE 技术的开发和应用真正得到高速的发展和普遍应用则是近年来的事。这一方面主要得益于计算机在高速化和小型化方面取得的成就,另一方面则有赖于通用分析软件的推出和完善。早期的 CAE 分析软件一般都是基于大型计算机和 workstation 开发的,近年来 PC 机性能的提高,使采用 PC 机进行分析成为可能,促使许多 CAE 软件被移植到 PC 机上应用。这显然对 CAE 技术的推广应用极为有利。

衡量 CAE 技术水平的重要标志之一是分析软件的开发和应用。目前,一些发达国家在这方面已达到了较高的水平,仅以有限元分析软件为例,国际上不少先进的大型通用有限元计算分析软件的开发已达到较成熟的阶段并已商品化,如 ABAQUS、ANSYS、NASTRAN 等。这些软件具有良好的前后处理界面,静态和动态过程分析以及线性和非线性分析等多种强大的功能,都通过了各种不同行业的大量实际算例的反复验证,其解决复杂问题的能力和效率,已得到学术界和工程界的公认。在北美、欧洲和亚洲一些国家的机械、化工、土木、水利、材料、航空、船舶、冶金、汽车、电气工业设计等许多领域中得到了广泛的应用。

就 CAE 技术的工业化应用而言,西方发达国家目前已经达到了实用化阶段。通过 CAE 与 CAD、CAM 等技术的结合,使企业能对现代市场产品的多样性、复杂性、可靠性、经济性等做出迅速反应,增强了企业的市场竞争能力。在许多行业中,计算机辅助分析已经作为产品设计与制造流程中不可逾越的一种强制性的工艺规范加以实施。如,以国外某大汽车公司为例,绝大多数的汽车零部件设计都必须经过多方面的计算机仿真分析,否则根本通不过设计审查,更谈不上试制和投入生产。计算机数值模拟现在已不仅仅作为科学研究的一种手段,在生产实践中也已作为必备工具普遍应用。

2 我国 CAE 技术现状

随着我国科学技术现代化水平的提高,计算机辅助工程技术也在我国蓬勃发展起来。科技界和政府的主管部门已经认识到计算机辅助工程技术对提高我国科技水平,增强我国企业的市场竞争能力乃至整个国家的经济建设都具有重要意义。近年来,我国的 CAE 技术研究开发和推广应用在许多行业和领域已取得了一定的成绩。但从总体来看,研究和应用的水平还不能说很高,某些方面与发达国家相比仍存在不小的差距。从行业和地区分布方面来看,发展也还很不平衡。

目前,ABAQUS、ANSYS、NASTRAN 等大型通用有限元分析软件已经引进我国,在汽车、航空、机械、材料等许多行业得到了应用,而且我们在某些领域的应用水平并不低。不少大型工程项目也采用了这类软件进行分析。我国已经拥有一批科技人员在从事 CAE 技术的研究和应用,取得了不少研究成果和应用经验,使我们在 CAE 技术方面紧跟住现代科学技术的发展。但是,这些研究和应用的领域以及分布的行业和地区还很有限,现在还主要局限于少数具有较强经济实力的大型企业、部分大学和研究机构。

我国的计算机分析软件开发是一个薄弱环节,严重地制约了 CAE 技术的发展。在 CAE 分析软件开发方面,我国目前至少落后于美国等发达国家十年。计算机软件是高科技和高附加值的商品,目前的国际市场为美国等发达国家所垄断。仅以有限元计算分析软件为例,目前的世界年市场份额达 5 亿美元,并且以每年 15% 的速度递增。相比之下,我国自己民族的软件工业还非常弱小,仅占有很少量的市场份额。作为一个国家,一个民族不能长期依赖于引进外国的技术和产品,因此我们必须加大力度开发自己的计算机分析软件,只有这样才能改变在技术上和经济上受制于人的局面。

我国的工业界在 CAE 技术的应用方面与发达国家相比水平还比较低。大多数的工业企业对 CAE 技术还处于初步的认同阶段,CAE 技术的工业化应用还有相当的难度。这是因为,一方面我们缺少自己开发的具有自主知识产权的计算机分析软件,另一方面大量缺乏掌握 CAE 技术的科技人员。对于计算机分析软件问题,目前虽然可以通过技术引进以解燃眉之急,但是,国外的这类分析软件的价格一般都相当贵,国内不可能有很多企业购买这类软件来使用。而人才的培养则需要一个长期的过程,这将对我国 CAE 技术的推广应用产生严重影响的一个制约因素,而且很难在短期内有明显的改观。提高我国工业企业的科学技术水平,将 CAE

技术广泛应用于设计与制造过程还是一项相当艰巨的工作。

3 CAE 技术展望及对策

新的世纪已经来临,在这信息化和网络化的时代,随着计算机技术、CAE 软件和网络技术的进步,计算机辅助工程将得到极大的发展。

硬件方面,计算机将在高速化、小型化和大容量方面取得更大进步。可以预见,不久的将来 PC 机将在运行速度和存储容量方面得到大幅度的提高,使许多

CAE 分析软件都能在 PC 机上运行。这将为 CAE 技术的普及创造更好的硬件基础，促进 CAE 技术的工业化应用。

软件方面，现有的计算机仿真分析软件将得到进一步的完善。大型通用分析软件的功能将愈来愈强大，界面也将愈来愈友好，涵盖的工程领域将愈来愈普遍。同时，适用于某些专门用途的专用分析软件也将受到重视并被逐步开发完善起来。各行各业都将会具有适于各自领域的计算机仿真分析软件。

网络化时代的到来也将对 CAE 技术的发展带来不可估量的促进作用。现在许多大的软件公司已经采用互联网对用户在其分析过程中遇到的困难提供技术支持。随着互联网技术的不断发展和普及，通过网络信息传递，不仅对某些技术难题，甚至对于全面的 CAE 分析过程都有可能得到专家的技术支持，这必将在 CAE 技术的推广应用方面发挥极为重要的作用。

中国加入 WTO 后，我国的产品已不再可能依靠政府来保护自己的市场，必须与国际接轨，面对国际市场。工业界必须对市场需求做出迅速反应，缩短工程设计周期，优化产品和节省造价，保证产品质量，才能赢得市场。为此，在产品的设计制造过程中应用 CAD、CAE 和 CAM 等技术是最好的选择，这已经成为国际上科技界和工业界的共识。过去长期沿用的那些静态的、孤立的、繁杂的、不准确的、甚至有时只能凭经验进行的设计和分析方法必然将处于被淘汰的地位。我国的工业界要想在激烈的国际市场竞争中占有一席之地，就必须跟上现代科学技术的发展，从现在起就应该对 CAE 技术予以足够的重视。

作为世界上发展速度最快的一个发展中国家，CAE 技术水平的提高将对增强我国工业界的市场竞争能力，发展国民经济发挥重要作用。因此，我们必须加大对 CAE 技术的投入，加快开发自己的计算机分析软件，培养一批掌握 CAE 技术的人才。针对我国工业界，特别是中小企业的 CAE 技术还较为落后，缺乏专门人才的实际情况，如何利用飞速发展的互联网技术将我们的人才和技术资源充分发挥出来为企业服务，是在 CAE 技术的发展中值得重视的一个问题。我国科技界、教育界和工业界应该携起手来为 CAE 技术的研究开发、人才培养和工业化应用而共同努力。

4 结 语

计算机辅助工程技术在发达国家已达到了较为成熟的阶段，工业化应用已相当普遍。在我国 CAE 技术还有待进一步开发，工业化应用程度还较低。发展我国的 CAE 技术，推广 CAE 技术的应用刻不容缓。

参考文献：

- [1] Wang Z,et al.A reliable Fatigue prediction model for bolts under axial loading [A] . TSSAT Proceedings of the 5th international conference on reliability and quality in design [C] .Las Vegas:TSSAT,1999.137-141.
- [2] Riha D S,et al.Capabilities and applications of probabilistic methods in finite element analysis [A] . TSSAT Proceedings of the 5th international conference on reliability and quality in design [C] .Las Vegas:TSSAT,1999.16-21.
- [3] Blain W R,et al.Computer aided design in composite material technology [M] .Boston:Computational mechanics publications, 1994.
- [4] Brebbia C A,et al.Shock and impact on structures [M] .Boston:Computational mechanics publications, 1994.
- [5] Hibbitt D,et al.ABAQUS/Standard User 's Manual [M] .Pawtucket:Hibbitt, Karlsson, Sorensen. Inc, 2000.
- [6] 庄茁,等.ABAQUS/Standard 有限元软件入门指南 [M] .北京:清华大学出版社, 1998.
- [7] 陈举华.机械零部件计算机辅助设计 [M] .北京:机械工业出版社, 1996.
- [8] 王珉.抗疲劳制造原理与技术 [M] .南京;江苏科学技术出版社, 1999.
- [9] 柳玉起.材料成形局部塑性失稳与起皱的数值模拟 [J] .机械工程学报, 1997, 33 (2) :88-92.
- [10] 郑炜.冷锻厚壁加强三通有限元分析 [J] .机械设计, 1999, 16 (9) :18-19.
- [11] 严隽琪.虚拟制造的理论与技术基础研究 [J] .中国机械工程, 1999, 10 (9) :1068-1071.

The Technology of Computer Aided Engineering and Its Application

WANG Zi-qin

(School of Mechanical Engineering & Automation, GUT, Guiyang 550003, China)

Abstract : This paper makes a general survey of computer aided engineering in the world today, discusses the problems in its application in China, and previews the direction of its further development.

Key words: computer aided engineering; numerical modeling

收稿日期 : 2001-05-23