

关注自主CAE系统 集成创新的产业发展

Concentrating on Industry Development of Integrated Innovation of Independent CAE System

大连理工大学 钟万勰

上海科学院 陆仲绩



钟万勰

中国科学院院士,工程力学、计算力学专家。现任大连理工大学工程力学研究所所长,博士生导师。领导研制了大量具有先进水平的结构分析软件,并主持多项结构工程的计算分析。研究成果多次获得全国科学大会奖和国家自然科学奖。

CAE 软件技术可对结构与产品的性能及生产加工过程进行分析、模拟、评价和优化,是“数字化制造”、“虚拟制造”的核心技术,对于我国制造业和国民经济的发展具有举足轻重的意义。

继 2006 年中国科学院技术科

只有形成强大的技术研究开发和行业规范能力、市场营销和产品研制生产能力,以及产品技术支援与客户专业服务能力的格局,自主 CAE 软件产业才能进入自我发展的良性循环阶段。在建立以市场为导向、产学研相结合的技术创新体系的过程中,企业是自主创新的主体。

学部、信息技术科学部在上海召开“CAE 自主创新发展战略”技术科学论坛后,2007 年中国科学院又向国务院呈送了《关于发展事关国家竞争力和国家安全战略的 CAE 软件产业的建议》报告。CAE 软件产业作为需要国家关注的基础性、长期性、前瞻性战略领域,关系着国计民生和国家安全,其地位越来越受到关注并得到肯定,重新构造软件产业国家战略技术创新体系正是关键时刻。

自主创新学术能力已成为决定科技研究开发和经济竞争成败的重要基础条件之一,对于软件系统的发展同样具有决定性的影响。坚持自主创新是 CAE 软件系统的基本原则,只有有了民族自己的系统品牌,才有可能使众多拥有国内自主核心

技术的研究成果在这块“土地”上“生根开花”。

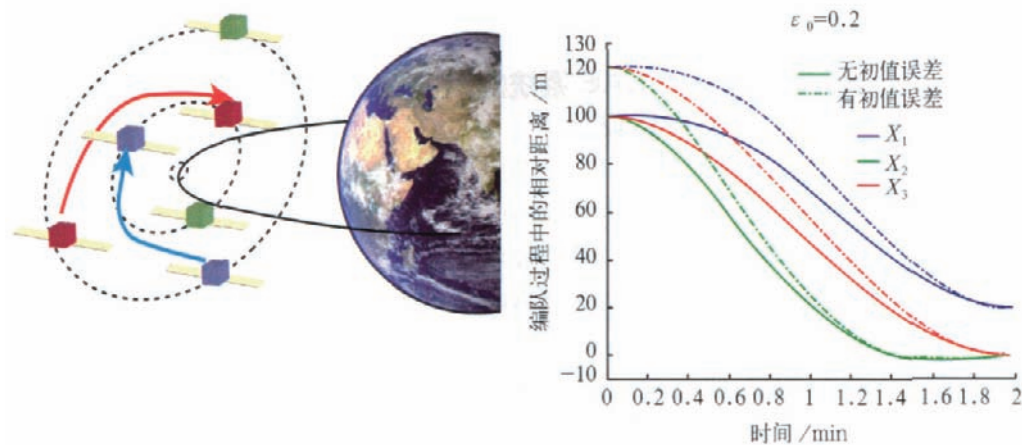
我国自主 CAE 系统发展现状

自主 CAE 系统是知识经济最典型的行业,已成为推动经济结构调整和产品结构更新的重要基础和支撑。经过多年努力,我国自主 CAE 软件在许多战略领域已经形成了较雄厚的技术基础和应用能力,已经具备了加快整合软件资源和共享知识成果的基本条件。

在作为 CAE 系统的核心技术——有限元理论研究领域,冯康教授提出哈密顿动力体系的保辛差分,为保守体系数值积分指出了方向,至今在国际上仍然有着重要影响;笔者及同仁基于计算力学和最优控制

的相似性将哈密顿体系理论应用于有限元并发展了精细积分方法,被认为“是一项具有中国特色原创性的成果,是我国学者在国际上独立提出和发展的适用于工程力学的哈密顿体系”。林家浩提出的高效的随机振

等。目前研究和解决的控制系统设计问题已经包括:直升机的精确着陆控制、卫星编队重构控制、地一月系统 Lagrange 平衡点 L_1 区域内航天器的稳定控制等。



航天控制精细积分仿真

动的确定性算法,将平稳随机外力转化为简谐外力,而将非平稳随机外力转化为确定性瞬态外力,计算步骤大大简化但仍能保持理论上的精确性,对于复杂结构其计算效率比通常方法提高 2~4 个数量级,彻底打破了几十年来随机振动在工程应用中效率低下的瓶颈。近来正将该算法与工程项目相结合,推广应用于我国桥梁抗震规范和复杂体型高层建筑计算。随着基于计算结构力学与最优控制之间的模拟理论在 Hamilton 正则方程体系下的数学理论基础一一对应,成功地解决了微分 Riccati 方程的计算问题。吴志刚等利用线性时变系统终端约束最优控制方法研究椭圆轨道卫星编队重构问题,设计了均衡耗能最优控制器来实现卫星的编队重构;并在精细积分理论与算法体系基础上开发了最优控制系统程序库,应用于解决时变控制器设计和仿真等问题。时变控制器对于航空航天工程中的许多控制系统设计问题尤为重要,例如:直升机精确着陆、制导武器精确打击和拦截、卫星编队队形重构、机械臂快速操作

自主 CAE 系统发展存在的问题

1 资源配置过于分散

CAE 软件技术以数值仿真算法为主,国内有较强的理论研究成果和丰富的技术储备、众多的软件开发团队和广泛的工程应用需求,已经形成了自主 CAE 软件系统的扎实基础。然而大型 CAE 软件系统的研制绝不是一个企业、一个学校所能够承担得了的。长期以来,高等院校擅长理论研究,研究机构专注行业领域,企业集团搭建专用工具,各有所长,但又各有所短。长期以来科技资源配置过于分散的现象使得 CAE 的基础研究和软件技术力量分散,难以形成产业发展所需的基础结构。

虽然国家对自主 CAE 应用软件的扶植从没有停止过,然而在存量资源有限的情况下,只能细水长流。近来国家加强了对 CAE 理论研究和开发工作的投入,这给予 CAE 行业很大的鼓舞。然而沿袭以前的做法,缺乏在体制和机制方面的创新措施,其教训和代价是沉重的。

2 应用水平有待提高

以航空航天制造业为例,自主 CAE 仿真系统的发展水平制约了航空航天科技水平的提高。

航空航天行业是最广泛应用 CAE 仿真系统作为产品数字化设计与制造核心技术的行业。长期以来,

我们并不缺乏站在科学技术研究前沿的团队和解决关键研究课题的能力。从 70 年代末开始发展的航空航天结构分析软件和 CAE 软件,填补了我国结构分析与优化设计领域的空白,成功地解决了当时急需解决的问题,满足了航空航天事业的发展需要,所开发的软件系统基本功能

已经可以覆盖当时市场上最权威的国外主流系统。但是,由于种种原因,我国 CAE 软件的产业化和应用进程与国外拉开了差距,远不能满足航空航天制造业的应用需求,同时,也限制了自身的发展。

3 公共资源平台缺乏

CAE 仿真技术作为在某些领域中唯一可行的实验手段,已经成为航空航天业必不可少的核心支撑技术,然而在国外 CAE 软件的冲击和围剿下,国内至今没有自主的 CAE 软件系统可以作为可持续开发的公共资源平台。

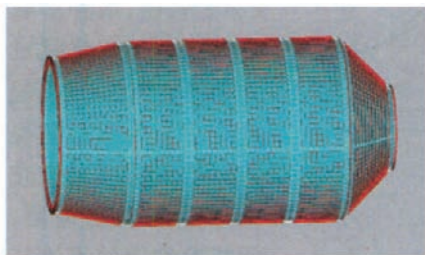
目前在市场上许多重要的应用模块还是属于禁运的技术,可以高价采购的 CAE 软件仅仅是无源商业程序,无法进行升级和修改。没有赖以生长的平台,就谈不上发展和延续。继续在这些国外软件系统上开发不仅不能给自己留下可自主发展的空间,而且还会造成人才流失和竞争能力的丧失。

4 市场开拓与集成创新力度不足

航空航天器的结构优化能力历来是行业中不可或缺的需要,在我们

的自主软件系统中已经实现了结构与装备的动力响应性能优化设计、热结构耦合系统的热传导性能优化设计、热力学性能(热应力、热变形、热屈曲、热振动)优化设计功能,并达到国际先进水平,空中客车公司就采用了这类优化设计技术。然而由于缺乏成熟的市场运作能力和国家层面的系统集成,与国外相比,我国软件系统在市场开拓方面仍然存在较大差距。

在我国 CAE 整体实力不强的情



实验舱结构分析与优化设计



神舟飞船返回舱整体和
部件结构分析与优化设计

况下,应该在国家的统一规划下,分工协作,发挥各自的优势,形成资源整合的有效集成创新能力至关重要。

5 知识产权保护不够

在实际过程中,面对复杂的技术要求用单纯的行政命令却难以现实软件系统的整合。其原因在于每个科研人员都有现实的 SCI 评价机制需要应付,更深的问题是在以往体制下知识资本和权益没能得到有效确认和严格保护。

力学学科的发展,特别是计算力学作为 CAE 软件产业核心技术的创新性研究成果,近年来已经在商业主

流 CAE 软件的更新换代中发挥了重要作用。然而由于缺乏自主知识产权软件系统作为发展的平台,在有限资源中取得的科研成果长期处于“放任自流”状态,对其原创知识的利益缺乏应有的保护,使其应得的利益不能得到保证。

关于发展自主 CAE 系统的 几点建议

在上述背景下,上海科学院联合大连理工大学共同筹建了面向中小企业、以装备结构分析为主的专业服务机构。这个为适应社会需求而建立的公共服务体系,为 CAE 软件技术和产业发展创造了良好的政策环境。研发公共服务平台通过为中小企业提供以具有自主知识产权为主的 CAE 技术服务体系,体现了由“宏观调控”到“社会服务”,由“政策指导”到“增值扶植”的政府市场职能转变。

只有形成强大的技术研究开发和行业规范能力、市场营销和产品研制生产能力,以及产品技术支援与客户专业服务能力的格局,自主 CAE 软件产业才能进入自我发展的良性循环阶段。在建立以市场为导向、产学研相结合的技术创新体系的过程中,企业是自主创新的主体。为此,提出如下建议:

(1) 依托互联网的方便、高效,形成“体系架构集中,工作位置分散”的团队。

CAE 系统涉及众多学科和行业,现有技术力量分散在全国各个地区。软件企业建立集中的研发系统,并不必将具有创新能力的资源移居同一地点。借助网络作为连接彼此的有效开发工具,以清晰的软件开发架构将任务分配给团队中合适的资源,共同开发属于自己的软件系统。

(2) 产业团队体现社会分工、互相合作,并做到“供需结合紧密,组织结构严谨”。

组成联盟的单位之间供需目标可以不相同:企业有技术需求,但可以提供行业特点和规范;科研院所所有成果可以转让,但需要企业的认可和实践。软件系统在企业中形成各取所需、可持续发展的结合点。以整合的方式有效利用,对有限的资源进行合理的分配或安排,达到利益群体共享资源、共担风险的分工协作。

(3) 实现符合市场动力机制的“经济利益共享,学术研究自由”的良性发展。

企业是多种经济成分参股、多种资本投资入股、多元股权结构的有限责任联盟体,建立起“产权明晰、权责明确”的现代企业制度。知识经济的到来使得在全球都能得到知识的回报,要吸引创新技术和知识的流动与整合,形成对知识资本的肯定、经济利益的共享,以及学术研究中的自由竞争和创新氛围。

结束语

关注自主 CAE 系统集成创新的产业发展,不仅是工程科学的国家战略目标,更是建设创新型国家的需要。

CAE 技术是一门涉及众多领域的多学科综合技术,软件产业是最能全面体现理论创新能力和科技成果水平的载体。软件集成系统要从“初级阶段”的自发状态,逐渐进入由国家主导的以产业发展为目标的层面。理论研究需要长期的技术储备和潜心探索,软件编制则需要对新技术进行刻苦钻研并熟练掌握,成果转化必须掌握市场动态和社会需求,每个环节中所付出的贡献和价值都要得到认可并且能够体现出来,这是一个完整的系统工程。只有确立国家意志的自主 CAE 软件系统工程,才能结束成果各自分立、软件各自为阵的局面,吸引和集聚知识人才,凝聚、组成自主集成 CAE 系统。

(责编 晓霏)