

·成果简介·

“支持产品创新的先进制造技术中的若干基础研究” 取得重要进展

雷源忠 黎明 王国彪

(国家自然科学基金委员会工程与材料学部,北京 100085)

[关键词] 产品创新,先进制造,基础研究,国家自然科学基金

由国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金会)工程与材料科学部和管理科学部联合资助的“支持产品创新的先进制造技术中的若干基础研究”重大科学基金项目,经过项目组4年的努力,已经出色地完成了任务书中的研究内容,于2003年8月6日通过了评审验收。根据自然科学基金会1999年3月批准的“重大项目任务书”中研究任务要求,本项目由华中科技大学熊有伦院士和西安交通大学谢友柏院士负责,任务是结合我国产品创新的需要,开展现代制造系统的理论、建模及运行实验;支持产品创新设计的知识获取、组织、传递及运用;精确成形制造过程多学科模拟(仿真)和先进制造模式与管理四方面的研究。

1 主要研究成果

整个项目研究贯穿着立足国际前沿、结合国情和理论与技术创新的目标,针对设计与制造中的关键科学技术问题展开了重点的调查、分析和研究。经过项目组人员的艰苦努力,围绕我国产品创新这一主题,在理论研究和创新、技术创新和应用研究、实际应用和推广、基地建设和学科建设等方面取得了显著的成果。

在理论研究方面,取得了一系列创新成果,显示出在一些领域和方向接近或达到国际前沿学术水平。至2003年4月为止,先后撰写专著13(含近期拟出版3本)在先进制造技术学科群的多个研究领域取得理论成果。发表学术论文达到666篇,其中164被国际四大检索系统收录,如SCI收录43篇,EI收录108篇,ISTP收录13篇;国际刊物学术论文72

篇。

围绕产品创新,在设计与制造工程中的一些关键科学技术问题上,取得具有广泛指导意义的技术创新成果和具有良好应用前景的应用研究成果。研究成果获得奖励11项,其中省部级奖励3项;取得国内专利3项。建立软件与数据库14个。取得可推广成果7项,已推广成果6项,经济效益达亿元。项目研究具有显著的特色,体现了先进制造技术的主要发展趋势。项目从先进制造模式、战略,企业管理,产品设计,制造过程、制造单元和系统多个学科领域、多个层次和多个角度展开研究,具有综合性、交叉性、前沿性与创新性,体现智能化、数字化与网络化制造研究趋势。通过理论与技术创新成果的转化应用,联系实际,有力地推动了产品创新。

在基地建设和学科建设方面,以该项目为依托,促进了先进制造技术学科群的形成,建立发展了智能制造研究系统基地、快速产品开发基地、现代设计与制造网上合作研究中心(西安),以及配合管理研究的多个典型应用示范工程的建设,发挥了重大项目的带动作用。项目研究在理论和技术关键问题上的突破,对于提高我国制造业产品创新能力,增强制造企业的竞争能力发挥了重要作用。

在人才培养方面,培养了一批中青年学术带头人以及博士后13名、博士112名和硕士共60名。其中,2名博士的学位论文获得全国百篇优秀博士学位论文奖。

2 研究工作的组织管理

本项目分4个研究课题,每个课题下设若干个

本文于2003年8月28日收到。

子课题,在多维、多层面并行开展研究工作。即在现代制造系统的理论、建模及运行试验研究,支持产品创新设计的知识获取、组织、传递及运用研究,精确成形制造过程多学科模拟仿真、先进制造模式与管理研究等多个领域和调查研究、基础研究、应用研究等多个层面,通过明确计划任务、计划进度,组织各课题并行开展研究工作。为了保证研究工作的进度按计划进行,采取了按课题负责和项目不定期进行协调、检查的方式。成立了项目学术领导小组。负责研究计划实施的组织和协调,发挥学术上的指导作用,推动国内外学术交流与合作研究。

在项目执行期间,自然科学基金会按要求及时组织专家,进行了年度进展检查,有效地推动了项目研究的顺利开展。

3 成果评价

“现代制造系统的理论、建模与运行试验研究”课题,在加工装配的理论研究方面,定义了制造几何学中的可视锥、完全可视锥和部分可视锥的概念,给出了有关基本性质;提出了基于C空间的可视锥计算通用方法。研究了制造信息的本质、属性、产生和获取、物化原理、表述和传递理论及应用方面,初步建立了制造信息学的理论体系,为制造业信息化提供了工程科学基础。建立了支持快速产品开发的数字建模平台,并在企业获得应用,取得了明显的经济效益。开展了制造系统性能分析与建模,单元重构理论及其算法、Agent及其集成机制研究,研制了一个基于CORBA规范的分布式网络化制造原型系统,进行了运行试验,验证了敏捷化智能制造单元与系统的可行性与有效性。

“支持产品创新设计的知识获取、组织、传递及运用研究”课题,提出了以知识为基础的产品创新设计的概念,为有效运用创新设计知识资源构造了一种理论和方法框架。组织了一个具有60项资源的网络,可以4种方式提供知识服务。从技术上实现了基于分布式知识资源的网络化异地设计。从产品

设计对象知识和产品设计过程知识两方面,分别研究了面向概念设计的信息不完全产品形状建模理论和协同创新设计过程的若干规律,研究和研制了并行设计技术和设计平台,并结合工程实例对上述理论工作进行了验证。

“精确成形制造过程多学科模拟仿真”课题,研究开发了压力条件下凝固过程和熔模精确铸造成形过程的模拟仿真系统;改进了CA方法,进行了铸件微观组织中晶粒度和枝晶生长的二维、三维模拟,对认识铸件微观组织及其演化具有重要价值;采用相场模型模拟了铝合金的枝晶生长;建立了铝合金微观孔洞演化模型,并进行了铸件疲劳寿命的模拟预测;成功地将并行计算技术用于铸造充型过程的流场模拟和微观组织模拟;建立了分布式的网络化虚拟铸造成形过程平台以及塑性成形产品虚拟开发平台。该研究对发展精确铸造成型理论与技术具有重要意义,取得了巨大的经济及社会效益。在铸造微观组织建模与仿真等方面在国际铸造学术界有重要影响。

“先进制造模式与管理研究”课题,从宏观、中观和微观三个层次展开。对我国制造业具有代表性的典型区域进行了调研、实证分析和比较研究。课题取得如下成果:基于知识经济时代先进制造的基本特征,结合国情,提出或发展了生态制造、聚集制造、敏捷网络化制造、多Agent与网络开放结构的智能制造系统和可重构智能制造系统等先进制造模式;构建了制造资源集成的框架和相应的数学模型。提出了需求流动网概念,建立了基于供应链管理系统的供需合作计划模型、智能系统非经典数学方法和敏捷制造的自治生产控制系统模型和方法等。

该项目研究成果体现了以数字化、网络化、智能化、协同化为特色的现代制造工程与科学的信息化发展趋势。专家组一致认为:该项目组出色地完成了项目计划任务,总体成果具有国际水平,部分成果达到国际先进水平。建议项目组进一步完善创新理论与技术,并积极推广应用。

GROUNDWORK RESEARCH IN ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY IN THE INNOVATIVE DESIGN OF PRODUCTS

Lei Yuanzhong Li Ming Wang Guobiao

(Department of Engineering and Material Sciences, NSFC, Beijing 100085)

Key words product innovation, advanced manufacturing, groundwork research, NSFC