



国家自然科学基金 机械学科资助项目结题成果汇编 (2005年)

国家自然科学基金委员会工程与材料科学部 组编
第九届海内外青年设计与制造科学会议 (ICFDM2010)

湖南大学出版社

国家自然科学基金机械学科
资助项目结题成果汇编
(2005 年)

湖南大学出版社

2010 年·长沙

内 容 简 介

本汇编资料收编了国家自然科学基金委员会机械学科 2005 年、2006 年批准资助的国家自然科学基金资助项目（面上项目、青年科学基金和地区科学基金）的结题成果及 2004 年、2005 年批准资助的国家杰出青年基金、重点项目的结题成果。内容包括了资助项目负责人、项目简介、主要研究进展、创新点及已发表的论文情况。国家自然科学基金资助项目的负责人是我国机械学科基础研究的主要力量，其研究成果基本上反映了近几年来我国机械学科基础研究的现状和水平。大部分成果具有重要的学术价值和良好的应用前景，得到了国内外同行的关注，其中一些基础研究成果作为技术转化的理论指导，对经济发展做出了直接贡献。

图书在版编目（CIP）数据

国家自然科学基金机械学科资助项目结题成果汇编（2005 年，2006 年）/国家自然科学基金委员会工程与材料科学部，第九届海内外青年设计与制造科学会议（ICFDM2010）编.

—长沙：湖南大学出版社，2010.7

ISBN 978 - 7 - 81113 - 848 - 1

I. ①国… II. ①国… III. ①中国国家自然科学基金委员会—机械学—科研项目

—科技成果—汇编—2005，2006 IV. ①TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 123910 号

国家自然科学基金机械学科资助项目结题成果汇编（2005 年，2006 年）

Guojia Ziran Kexue Jijin Jixie Xueke Zizhu Xiangmu Jieti Chengguo Huibian（2005 nian，2006 nian）

主 编：国家自然科学基金委员会工程与材料科学部，第九届海内外青年设计与制造科学会议（ICFDM2010）编

责任编辑：陈 别

责任校对：祝世英

出版发行：湖南大学出版社

责任印制：陈 燕

社 址：湖南·长沙·岳麓山

邮 编：410082

电 话：0731-88822559（发行部），88820008（编辑室），88821006（出版部）

传 真：0731-88649312（发行部），88822264（总编室）

电子邮箱：abiel3755020141@126.com

网 址：<http://press.hnu.cn>

印 装：长沙瑞和印务有限公司

开本：880×1230 16 开

印张：36.75

字数：1244 千

版次：2010 年 7 月第 1 版

印次：2010 年 7 月第 1 次印刷

书号：ISBN 978 - 7 - 81113 - 848 - 1/TH·40

定价：80.00 元（2005 年，2006 年两册）

版权所有，盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错，请与发行部联系

前 言

由国家自然科学基金委员会 (NSFC)、中国机械工程学会 (CMES)、和美国吴贤铭基金会 (S. M. Wu. Foundation) 等联合主办的第九届海内外青年设计与制造科学会议 (The 9th International Conference on Frontiers of Design and Manufacturing, ICFDM2010) 将于 2010 年 7 月 17—20 日在长沙举行。该会议每两年举办一次, 旨在促进设计与制造科学领域海内外学者之间的交流与合作, 共同推动设计与制造科学研究的发展。本次会议的主题是“机械科学与制造工程的持续发展”, 由湖南大学、国防科技大学、中南大学联合承办。

本汇编收录了国家自然科学基金委员会工程与材料科学部工程二处 (机械工程学科) 2004 年批准完成的国家杰出青年基金结题成果简介 3 篇、重点项目结题成果简介 3 篇, 2005 年批准完成的国家杰出青年基金结题成果简介 4 篇、重点项目结题成果简介 5 篇及面上项目结题成果简介 208 篇、青年科学基金项目结题成果简介 44 篇、地区基金项目结题成果简介 3 篇, 2006 年批准完成的面上项目结题成果简介 229 篇、青年科学基金项目结题成果简介 62 篇、地区基金项目结题成果简介 4 篇及科学仪器基础研究专款项目成果简介 1 篇。文稿由各结题项目负责人提供, 内容包括项目负责人的基本信息、项目简介、主要研究进展、创新点及已发表的论文情况等。这些结题项目的负责人是我国机械学科基础研究力量的重要组成部分, 其研究成果基本反映了近几年来我国机械学科基础研究的现状和水平。大部分成果具有重要的学术价值和良好的应用前景, 得到了国内外同行的关注, 对推动学科发展和行业进步做出了重要贡献。更为可喜的是, 通过基金项目的资助, 特别是对青年科学基金项目和地区基金项目的支持, 培养和造就了一大批从事机械工程基础研究、具有较高学术水平的青年人才和地区人才。在本次会议上, 这些项目的负责人将和其他与会学者进行广泛的学术交流, 探讨机械工程领域最新研究进展, 探索学科新兴生长点, 促进学科间的渗透、交叉、联合和合作, 增进本领域专家之间的了解和友谊。

展示国家自然科学基金机械工程学科资助项目的研究进展和最新成果, 并评选科学基金优秀结题与进展项目是 ICFDM 会议的主要内容之一。通过基金成果的展示与汇报, 广泛宣传基金项目的研究成果, 促进学术交流与合作, 是对基金项目研究成果的一次公开检查和同行评议; 通过项目评优, 激励原始创新, 实现绩效挂钩。遗憾的是, 一些本应参加展示的项目, 因自身的原因, 未能按时提交展示材料, 失去了一次展示其研究成果的良好机会。对这些未能展示的项目, 在今后基金评审过程中, 将对其负责人及其所在的依托单位给予重点关注。

在结题汇编过程中, 得到了绝大多数项目负责人的积极配合, 他们及时地提供了相关的结题材料。此外, 本次会议的主要承办单位湖南大学机械与运载工程学院韩旭院长、刘喜东副院长等给予了大力支持, 特别是周长江、张屹两位副教授在文稿征集、组稿、编辑、修改等方面做了大量的工作。在此特向他们及所有参展的项目负责人表示衷心感谢。

王国彪 赖一楠

2010 年 7 月

目次

材料成形过程数值模拟理论及其关键技术研究 1

盾构电液控制系统新原理和新方法 2

特大件成形制造技术基础研究 3

大型航空整体结构件加工变形机理及精度保障技术 4

新一代仿人型残疾人假手系统及理论的研究 5

轻量化结构薄壁铝型材拉弯仿真基础研究及几何精度控制 6

氧化铝基纳米复相陶瓷高速超塑体积成形及变形机理研究 7

精益设计过程动力学宏观与微观综合分析 8

基于微驱动器的近接触高密磁盘系统关键技术研究 9

陶瓷与金属的低温活化反应扩散连接机理及空间条件下的接头组织演变 10

基于公差限制的连续轨迹运动控制与运动规划研究 11

汽车薄板件装配柔性夹具结构创新方案与可重构设计研究 12

薄板冲压成型拉裂、起皱的局部无网格并行仿真计算研究 13

多组元结构系统的蠕变特性及失效机理研究 14

基于能量理论和过程虚拟的高温构件低周疲劳损伤评价 15

车辆换挡品质动态综合评价体系研究 16

基于公理化设计矩阵与设计结构矩阵同步演化的产品创新设计方法 17

基于纳电极的单细胞基因电转导芯片的技术基础及相关理论研究 18

多束流电子束加工的热效应 19

大型、复杂熔模铸件脱蜡过程物理与数值模拟研究 20

机器人机构优化设计新方法理论体系及关键技术研究 21

多元多尺度纳米复合陶瓷刀具及切削性能研究 22

基于 Situated Cognition 的适应性概念设计方法学研究 23

镁合金塑性变形过程中的组织演变与力学性能的数值计算方法 24

汽车厚板精冲件复合成形工艺智能设计与优化技术研究 25

喷雾电火花铣削加工过程及其机理的研究 26

大承载超精密平台的非线性耦合动力学建模与同步控制 27

基于蚁群生态模型的区域性网络化制造动态联盟研究 28

基于频闪散射照明下数字散斑技术的 MEMS 运动特性测试方法 29

面向 IC 封装的高速精密定位系统及关键技术 30

第二代小波有限元理论与转子裂纹定量识别的研究 31

基于人工免疫系统的智能诊断策略研究 32

基于机器视觉和平面正交光栅的运动测量系统研究 33

虚拟企业集成质量系统信息主动共享及安全机制研究 34

聚合物太阳能电池 P-N 异质结界面的三维微结构压印成形 35

高精度微机械陀螺的“虚拟/灵巧”实现方法 36

刀具、物料的直接标识与信息追踪技术研究 37

基于微分干涉显微技术的小雷诺数流场温度、压力测量方法 38

三自由度行波型超声波电机的研究 39

基于能量调节的电液变转速控制系统关键技术研究	40
变桨距“水下风车”关键技术研究	41
公理化建模理论、方法及其在机械装备产品方案设计中的应用研究	42
多层导电结构深层缺陷电涡流量化检测与评估的新方法研究	43
基于 GPS 的三维公差建模方法与技术研究	44
高速柴油机错拐平衡技术研究	45
焊接缺陷在线光谱信息判识的基础研究	46
空间柔性机械臂的非线性动力学及运动/振动控制	47
基于地貌与环境演化规律的机动群团隐形装备设计理论研究	48
金属磁记忆技术预测再制造铁磁性机械部件寿命的基础研究	49
高速高精度运动控制理论及方法的基础研究	50
混流式水轮发电机组的全局耦合动态性能研究	51
复合光学空间滤波的 MIG 焊熔池三维面形传感研究	52
夹持自锁式棉花精密穴播轮排种机理及机构的研究	53
体硅微机械惯性传感器与 CMOS 电路单芯片集成技术研究	54
含有被动关节的柔性机械臂动力学及其控制的理论与实验研究	55
渐开线圆柱齿轮的配对机理及高效配对新方法研究	56
微米尺度下机械元件疲劳损伤行为与寿命预测研究	57
微纳粉末颗粒激光组装微烧结功能器件的研究	58
薄板铝合金交流脉冲 MIG 焊电弧行为研究	59
细胞或高分子输送用“Y”形流管无阀压电泵的流体动力学分析及应用研究	60
基于结构仿生的高速机床运动构件轻量化设计研究	61
基于通用可重构柔性模具大型薄壁件精密拉形技术研究	62
牙科手术模拟触觉交互系统稳定性研究	63
液压流体脉动分布式振动主动控制技术研究	64
控制网络环境下分布式电液控制系统的运动综合与协调控制	65
多自由度球形电液伺服驱动机构及控制研究	66
MEMS 器件高分辨率三维工业 CT 成像检测技术研究	67
透平压缩机轴向力调控及密封改进增效技术研究	68
钻井泥浆泵阀工作状态综合评价及多参数无冲击理论研究	69
电磁力驱动高速塑性成形微零件复合工艺研究	70
高速列车与道岔动态相互作用理论及应用研究	71
高性能双压力角非对称齿廓齿轮承载能力的研究	72
高强度高塑性 TWIP 钢的制备方法及理论研究	73
大断面收缩率楔横轧件精确成形技术基础研究	74
基于行驶环境识别的汽车智能换挡系统理论与关键技术研究	75
面向复杂产品的多层次进化式设计理论与方法研究	76
MEMS 传感器实现圆管内液体流量动态测量的数模建立及物模实验研究	77
大功率双阳极等离子喷枪射流特性与涂层性能研究	78
双曲柄环板式针摆行星传动动态响应优化设计及试验研究	79
支持卫星设计平台的复杂布局设计理论与应用研究	80
磨料三维多层可控排布的数字化砂轮制造技术基础研究	81
微细电火花加工状态逐级映射检测原理与深孔加工自适应智能控制	82
大尺寸金刚石晶圆高效超精密平坦化理论和技术研究	83
大型不规则曲面数字化加工中的精密测量方法和关键技术	84

非均衡流场及柔性集流结构的聚合物微型甲醇燃料电池研究	85
机械-纤维、织物耦合系统若干动力学问题研究	86
基于变形地面的重型工程车辆悬架系统优化机理研究	87
基于智能多主体机制的车辆集成控制系统框架研究	88
基于局部基准的大型舰船统一姿态基准系统关键技术研究	89
微光学非球面电磁流变液即效亚毫米微磨头研抛加工研究	90
线型复合工具电化学-机械高效螺旋式切割成型金属材料新方法研究	91
基于进化遗传编程的机电系统自动化创新设计研究	92
零速下船舶仿生减摇鳍升力机理的研究	93
镍基纳米复合材料的高应变速率超塑成形基础研究	94
激光拼焊管内高压成形机理研究	95
管件均匀电磁缩径成形数值模拟与压缩失稳判据	96
功能性电刺激（FES）康复截瘫肌体功能运动器械的基础理论及其实现技术研究	97
速滚动轴承与阻尼器集成结构的基础研究	98
高真空低温下超声波摩擦驱动行为研究	99
三自由度压电球形微操作手驱动机理及控制方法的研究	100
基于 AFM 金刚石微探针的纳米加工机理研究	101
微电子组装焊点的纳米级力学行为与寿命预测	102
淬硬钢高速切削过程的建模与仿真	103
三维复杂槽型车铣刀片自组织动态优化设计的研究	104
用于结构低噪声优化设计的新型声灵敏度计算方法研究	105
基于广义集成的汽车底盘系统控制方法与关键技术研究	106
基于网络法的内燃机智能可控润滑系统研究	107
基于超临界流体技术的印刷线路板回收处理理论与方法研究	108
HDD 驱动臂结构拓扑与压电主动控制融合设计理论研究	109
点焊电极表面电火花原位沉积 TiB ₂ 涂层的研究	110
基于“三明治”新方法的激光深熔焊接小孔效应的试验与理论研究	111
重载齿轮弹性啮合过程的物理动态仿真实理论与试验研究	112
产品跌落冲击耐撞性能不确定性传递和稳健设计研究	113
填充橡胶材料结构与流体耦合系统动态特性设计方法研究	114
三电弧共熔池 GMAW 焊熔池动态行为的数值模拟及电弧协同控制的研究	115
面向装备控制领域嵌入式扩展技术的研究	116
梯度复合铝锂/镁合金的连续铸造成形及其凝固行为	117
短路过渡电弧的混沌机理及提高稳定性方法研究	118
金属微结构的激光冲击处理技术	119
基于逻辑网的分布学习调度方法与系统研究	120
铝合金板温成形中的模具表面纳米固体润滑技术	121
基于双映射和分形几何对数据点云的直接加工	122
公理设计的扩展研究及其稳健优化设计方法	123
面向产品多样化的可适应设计方法研究	124
非常温作用下水玻璃旧砂的表面行为及再生机制	125
激光微细熔覆快速制造厚膜无源器件的研究	126
面向制造系统的高可靠性柔性可重构自组织 E-诊断关键技术研究	127
用于振动给料的超声波驱动理论与方法研究	128
新型 Hy-Vo 齿形链的啮合机理及其设计方法	129

三维曲面的柔性辊式卷板成形技术及其装置的基础研究 130

“激光束-电阻缝焊”复合焊接方法基础研究 131

自定位微小研抛机器人精整加工大型曲面研究 132

主动阀压电泵作用机理与关键技术研究 133

非接触式永磁感应磁力传动的设计方法与实验研究基金项目名称 134

精密成形弹-塑性接触磨损微观机理与磨损控制 135

基于实物样件的设计重用中知识和目标驱动的几何模型重建和自动变形技术 136

基于交流混合磁轴承的高速机床电主轴系统研究 137

超磁致伸缩微执行器太赫兹响应基础研究 138

基于模型确认的复杂机械结构动态仿真精确建模方法 139

蛙类吸盘式足掌的仿生学研究 140

压电型直线电机驱动的二自由度纳米定位平台及定位技术 141

喷射电沉积法快速制备成型泡沫金属新方法的探索 142

线电极微尺度电解加工基础研究 143

纳米颗粒增强关节软骨的仿生摩擦学行为与配副关系研究 144

双功率流内燃机多缸工作关联问题研究 145

热条件下动态非牛顿混合润滑薄膜最佳供油量研究 146

微片（型）Nd：YAG 激光器正交模偏振旋转的测角原理研究 147

用于 MEMS 微振动及角位移测量的新型光纤传感技术研究 148

基于半导体纳米带的纳机电惯性传感技术研究 149

超导相原位生成高温高压高效连接 Bi 系带材及机理 150

放电点分布的混沌行为及其放电状态的早期预测方法研究 151

外差干涉测量用可调波长半导体双频激光器 152

基于生物材料的连笔直写成形原理及方法研究 153

基于仿生过程的水凝胶快速成形研究 154

双足跑步机器人混杂周期轨道稳定性与时不变控制策略研究 155

基于驾驶员驾驶意图识别的汽车动力学控制方法研究 156

高温自润滑长寿命复合涂层制备及其摩擦学行为研究 157

偏瘫患者神经康复运动再学习系统设计与生物反馈控制研究 158

微尺度下表界面动态粘着接触机理与 MEMS 粘附控制的研究 159

多晶塑性耦合行为表征、计算建模及在超导微成形工艺中的应用 160

金属体积成形过程的刚（粘）塑性无网格迦辽金方法数值模拟理论及其关键技术研究 161

高速切削摩擦学及刀具寿命研究 162

智能控制超声振动辅助磨削-脉冲放电复合加工技术研究 163

超声振动辅助气中放电加工技术研究 164

基于量子框架的开放式汽车电控系统研究 165

原子级抛光中的抛光液设计及摩擦化学机理 166

基于 MEMS 微弹簧的集成探卡研究 167

超密凸点间距玻璃覆晶（COG）模块制造过程的建模和优化 168

介观尺度微铣削过程仿真建模与表面形貌预测 169

超光滑纳米金刚石薄膜制备新技术与应用基础研究 170

集束电极电火花加工技术研究 171

可重入制造系统分层自适应控制的研究 172

非光顺表面的随机分形建模及加工规划 173

基于几何推理的组织工程骨架实体建模理论及性能分析研究 174

点焊熔核形成过程仿真与伺服焊枪点焊质量实时控制	175
馈能式汽车主动悬架的协调控制研究	176
网络环境下的多学科协同设计理论与方法研究	177
金属成形中材料细观损伤的演化及破裂准则的研究	178
GTAW 熔池表面形状模型及其实时视觉计算方法研究	179
网络环境下群设备的智能维护理论与方法研究	180
基于时变高阶谱理论的机械微弱故障特征增强方法研究	181
金属纳米结构在室温干式振动应力场中的演变和优化理论	182
铲式玉米精密播种机数字化设计及动态仿真研究	183
钨基屏蔽材料液态金属一次成型的基础研究	184
机床加工精度预现理论与方法研究	185
聚合物复合纳米粒子分子沉积膜的制备及其纳米摩擦学特性的研究	186
规则微槽气体端面密封的微尺度效应与应用基础研究	187
面向网络化协同设计的非规范性知识描述原理与关键技术研究	188
疏密纬织物及其织造实现	189
多物体接触边界元法研究低速重载轧机油膜轴承润滑机理与延寿技术	190
新概念电液流量、方向连续控制的理论与方法研究	191
支承转子系统轴承负荷辨识与运行状态估计	192
一种新的大尺寸截面几何形状测量方法的研究	193
基于弱信号的电阻点焊质量混沌检测方法及其可视化仿真研究	194
绿色电子制造中 AuSn 钎焊焊点的可靠性研究	195
在线电解修整超精密磨削砂轮表面钝化膜的表征与主动控制	196
基于多体系统理论的机器人辅助微创外科手术缝合运动映射与相互作用动力学行为研究	197
高速行驶的汽车轮胎周向多边形磨损机理研究及预测	198
西佛碱改性超高分子量聚乙烯的摩擦学性能及应用基础研究	199
基于有障柔索的移动机器人机构、动力学及控制研究	200
基于多体刚柔耦合的多轴汽车的动力学及控制研究	201
滑动磨损表面与磨粒形态映射关系的研究	202
光学线扫描三维物体轮廓相位测量方法及系统研究	203
面向肝组织工程支架的仿生设计与微制造方法研究	204
硬盘驱动器头盘界面近接触动力学建模与应用研究	205
多层电磁弹性耦合结构损伤识别理论与方法研究	206
微小超低摩擦滑动摩擦副的非 FDB 构造机理及设计研究	207
面向制造工程的嵌入式移动协同理论、方法和实现	208
机械压力机新型可控传动机构及其设计理论的研究	209
微细光刻金属掩模版的飞秒激光加工研究	210
具有机器学习机制的复杂拓扑隐式曲面重构方法研究	211
大范围超精密定位系统相关理论研究	212
基于时频图像的集成分类故障诊断理论和方法研究	213
计入耗散力影响的机构系统动力学理论与实验研究	214
结构动力形状优化设计理论及其应用技术研究	215
基于多自由度优化特征的“群落构造”型密封件优化理论研究	216
微扑翼飞行器的仿生设计与控制问题研究	217
薄壁矩形管弯曲成形机理及成形极限研究	218
轻质高性能 Cs _f /Mg 复合材料固—液高压渗挤近终成形技术基础研究	219

控制不均匀变形对大型薄壁复杂构件多道次普旋精确成型的作用机制	220
随机环境复杂系统结构多微损伤检测与安全保障	221
高速重载铁路钢轨塑流型波浪形磨损的研究	222
疲劳与维修交互作用下结构的安全性理论	223
纳动的运行行为和损伤机理研究	224
射频 MEMS 开关失效机理及其高可靠长寿命实现技术	225
大量程超静定并联式六维力/力矩传感器基础理论与实验研究	226
大型锻件远程在线尺寸测量研究	227
体外驱动全磁浮锥形螺旋叶轮血泵的研究	228
自适应型液压蓄能器的基础理论及应用研究	229
运动链新拓扑理论和对应有特点的数据库建立机理研究	230
具有被动分支自由度为 3 和 4 并联机器人机构综合与性质研究	231
基于气流的振动式有序抛秧分秧新机构及性能优化研究	232
液压阀口气穴噪声控制及评价方法的研究	233
时间主动补偿型电液可控配流系统的研究	234
超高压开关气源的基础理论及其节能研究	235
内燃机声信号的独立成分小波分析及燃烧噪声源的诊断	236
面向复杂机械产品全生命周期的自适应配置设计理论	237
超磁致伸缩自传感驱动非圆柱孔精密镗削新方法及其关键技术研究	238
基于气动柔性驱动器 FPA 的气动柔性灵巧手研究	239
基于可拓逻辑的产品族适应性设计理论与方法	240
非一致曲率接触变形下的磨粒场形态与模具曲面的气囊抛光机理研究	241
基于量化分析的、气动系统结露的判别机理与预防措施的研究	242
基于压电陶瓷 (PZT) 主动传感原理的金属结构件安全检测技术研究	243
基于符号 M 阵列的动态空间宏尺寸的快速检测方法的研究	244
三维浮环动静压轴承-转子系统特性及主动控制研究	245
两向主动加载塑性变形应力应变分布规律研究	246
已知先验信息条件下复杂模型测量不确定度评定方法研究	247
亚毫米超螺旋陶瓷纤维致动器的研究	248
图案化固体液体复合润滑薄膜的摩擦学性能研究	249
应用 Al 扩散机制干预和控制焊接 (热喷涂) 热障涂层中 TGO 的生成与生长过程的研究	250
硬基体局域共振声子晶体的低频带隙机理及其减振应用	251
变切深镗削系统设计理论与关键技术研究	252
纳米多层 DLC 膜摩擦学行为研究	253
FeS/MoS ₂ 固体润滑纳米多层膜的成膜机理与摩擦学性能	254
陶瓷基复合材料涂层触变轧制机理研究	255
车体气密性、车体侧墙刚度与车内、外空气压力变化关系研究	256
仿生蚯蚓爬行机构设计方法研究	257
半导体照明发光二极管的热声倒装键合机理与散热性能研究	258
LEDs 照明器件连接制造中的非线性机理及其工艺监测研究	259
准气体动力循环超高能量密度 Power MEMS 的研究	260
新型复合涂层蜗轮副的传动性能研究	261
基于变耦合系数变压器原理的时栅传感器研究	262

材料成形过程数值模拟理论及其关键技术研究

项目负责人 赵国群*

(依托单位 山东大学)

项目批准号: No. 50425517

资助金额: 140 万元

起止年月: 2005 年 01 月~2008 年 12 月

1 项目简介

以材料塑性成形理论和数值建模方法为研究对象,研究了聚合物三维非等温粘弹流动数值模拟方法,建立了钢塑共挤以及双组分聚合物共挤过程的数学模型,揭示了材料挤出成型形变规律。建立了体积成形无网格热力耦合分析数学模型,提出了动态节点影响域控制法、边界节点动态布置法和体积应变率映射法。建立了铝型材挤压过程有限体积法数值模拟模型、粘度更新算法和流体前沿捕捉技术等,揭示了型材工艺模具参数对挤出件质量的影响规律。建立了淬火过程温度、组织和应力耦合计算方法,提出了一种计算弹塑性比例系数的方法和求解反向热传导换热系数的方法,实现了相变潜热的耦合计算。开展了几何离散与有限元网格全自动自适应生成算法研究,建立了基于实体模型表面曲率、局部厚度的加密准则、加密过渡模板以及表面和内部节点质量优化技术,实现了三维六面体网格自动划分与再划分。这项研究对提高材料成形工艺与模具设计水平具有重要的理论指导意义。

2 主要创新点及其主要研究进展

建立了聚合物成型过程流动与传热耦合计算模型,解决了能量方程对流项占优时温度与应力场数值振荡问题,引入稳定化因子椭圆化处理动量方程,克服了计算失稳问题,建立了钢塑共挤以及双组分聚合物共挤过程和粘弹挤出胀大数学模型及其数值计算方法,揭示了体积流量、导入角、过渡段长度/截面形状、拖动速度对材料流动行为的影响规律,获得了双组分聚合物共挤出过程中总入口流量、流量比、粘度、流道对共挤出界面的影响规律。建立了金属体积成形过程无网格数值模拟方法,提出了动态节点影响域控制法、高斯积分节点数目控制法、边界节点动态布置法,解决了“法矢盲区”、体积闭锁和压力震荡问题,采用施密特正交化构造带权的正交基函数,避免了病态方程组的求解,建立了基于有限体积法的铝型材挤压过程数值模拟方法及其流体前沿捕捉技术、粘度更新算法等关键技术,揭示了宽体壁板空心型材挤压过程材料流动和工艺模具参数影响规律,设计开发了高速列车用系列宽体空心壁板型材挤压工艺、模具和型材,应用于 200~300 km/h 高速轨道车体制造开发。研究建立了淬火过程温度、组织和应力耦合计算方法、相变潜热的耦合计算方法,实现了淬火过程的数值模拟和参数优化。研究了基于栅格法的三维六面体网格自适应生成算法,建立了三维实体模型几何特征识别、边界拟合、协调过渡、单元密度场、网格单元质量评价与优化等关键技术,实现了六面体网格协调自适应划分与再划分。

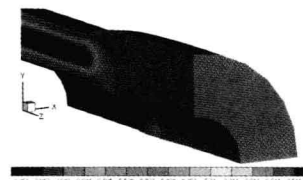


图 1 挤出胀大过程

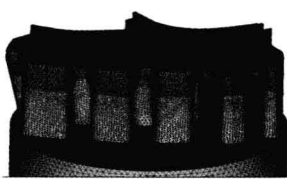


图 2 铝型材挤压模具设计与模拟优化

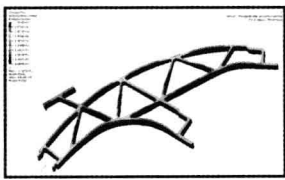


图 3 三维六面体网格生成

3 研究成果

发表 SCI/EI 收录论文 88 篇,其中 SCI 收录论文 41 篇;授权发明专利 2 项、实用新型专利 4 项;获得省部级科技进步一等奖 3 项;培养博士研究生 9 名。

* E-mail: zhaogq@sdu.edu.cn

盾构电液控制系统新原理和新方法

项目负责人 杨华勇*

(依托单位 浙江大学)

项目批准号: No. 50425518
资 助 金 额: 140 万元
起 止 年 月: 2005 年 01 月~2008 年 12 月

1 项目简介

以盾构电液控制系统为研究对象,围绕变负载非线性工况下系统运动控制和节能两大电液控制学科领域前沿问题开展研究。①提出了基于盾构姿态预测的推进纠偏控制新方法,发明了相应的控制技术,解决了断面偏载下传统纠偏技术导致盾构 S 形推进的难题,提高了隧道质量和掘进工效。②提出了适于界面载荷突变的密封舱压力动态平衡控制新方法,发明了相应的控制技术,解决了界面载荷突变下传统出土量控制技术导致密封舱压力大幅波动使平衡失效而引起地表塌陷难题,提高了隧道掘进安全性。③提出了基于地层智能识别的盾构刀盘转速控制节能方法,发明了全局功率自适应节能驱动技术,解决了现有盾构功率不能随载荷变化而自动调节导致能耗高的国际性难题,实现了盾构节能技术的跨越。

2 主要创新点及其主要研究进展

- (1) 首次提出了基于位姿预测的盾构姿态控制新方法,通过提取推进液压缸压力信号,重构界面载荷分布,预测盾构位姿变化趋势,实现姿态实时控制;发明了基于掘进地质—偏载特性模型的盾构推进系统压力/流量复合控制核心技术,已成功应用于自主设计的多种盾构,提高了隧道质量和掘进工效。
- (2) 发明了基于推进速度、出土量、载荷等多参数耦合的密封舱压力动态平衡控制方法和技术,突破了掘进、出土、纠偏等多个子系统协调控制的技术瓶颈,攻克了推进速度变化导致密封舱压力失衡的难题,防止了地面塌陷(图 1)。
- (3) 首创基于动力学参数的地层智能识别方法,创建了基于地质与动力学参数的驱动功率预测模型,发明了盾构全局功率自适应变转速节能驱动技术,解决了盾构驱动功率不能跟随载荷变化而自动调节的世界性难题,与国际领先的海瑞克盾构相比,节能 47%(图 2)。

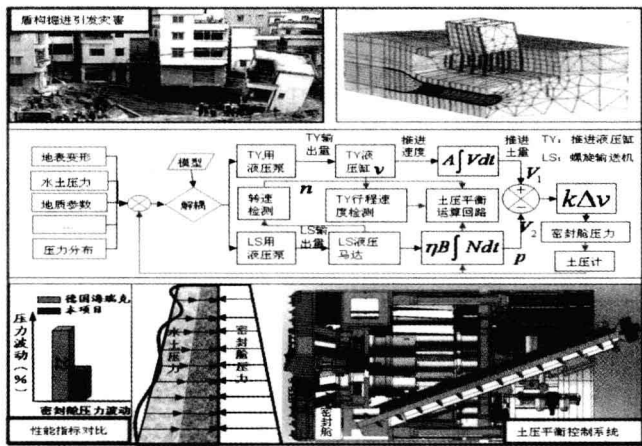


图 1 密封舱压力控制原理及模型

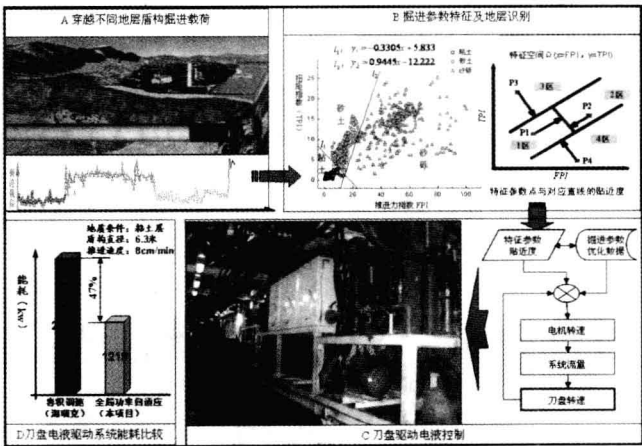


图 2 地层识别及全局功率自适应控制原理及模型

3 研究成果

共申请发明专利 42 项,已授权 20 项;发表论文 51 篇,SCI/EI 26 篇;获 2009 年度教育部技术发明一等奖。项目成果已应用于龙头企业——中国中铁、上海隧道和西子联合等公司自主研制的多种盾构,至 2008 年底,累计装备盾构 16 台,新增产值 9.06 亿元,利税 3.22 亿。培养了博士后 2 人、博士 6 人、硕士 15 人。

* E-mail: yhy@zju.edu.cn
2

特大件成形制造技术基础研究

项目负责人 杜凤山*
(依托单位 燕山大学)

项目批准号: No. 50435010
资 助 金 额: 160 万元
起 止 年 月: 2005 年 01 月~2008 年 12 月

1 项目简介

大型零件是电力、钢铁、造船等国家重大技术装备的关键部件和产品。本项目以特大型轧辊、特大型风洞和空间环境模拟器、特大型轴类零件为对象,围绕其成形制造所存在的基础科学问题开展理论与应用研究,对提升我国大型零件自主制造能力具有重要意义。针对特大型高铬轧辊成形制造中的多学科交叉融合特点,研究大型零件高温成形宏观尺寸和微观质量综合控制问题,为特大型轧辊产品质量的数值预测和控制提供理论依据;针对特大型风洞和空间环境模拟器中复杂型面构件和环形件成形制造中关键技术问题,研究中厚板变曲率壳体柔性多点(简称“三明治”)成形和复杂截面精密弯曲成形的成形机理和规律,为突破现有设备的制造极限提供技术基础;针对楔横轧成形特大型轴类零件机理复杂,模具和轧机力学行为显著影响轧件质量等科学问题,开展理论与应用研究。

2 主要创新点及其主要研究进展

提出了大锻件孔洞锻合、焊合及锻造中产生层状裂纹的条件判据,为解决大锻件成形内部质量控制核心技术问题奠定了基础。将锻粗、拔长等外部尺寸成形与内部质量控制相结合,开发了大锻件多工序集成仿真系统,形成了拥有自主产权的大锻件成形工艺制定软件(图 1)。建立了变曲率中厚板“三明治”成形中的关键力学模型(图 2),揭示了“三明治”成形中聚氨酯软凸模形状和排列对成形过程的影响规律,阐明了变曲率中厚板“三明治”成形缺陷形成机理。阐明了特大型轴类件楔横轧成形中金属流动规律及缺陷产生的机理,提出了缺陷控制策略(图 3)。获得了特大型轴类件楔横轧工艺参数对力能参数的影响规律,给出了特大型楔横轧机各零部件的变形特征及机架动态特性,为特大型楔横轧机的优化设计提供了理论依据。

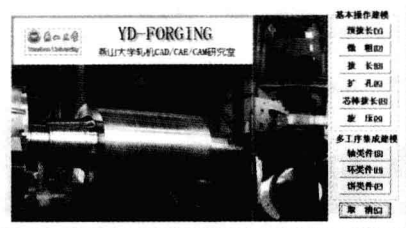


图 1 大锻件多工序集成仿真系统

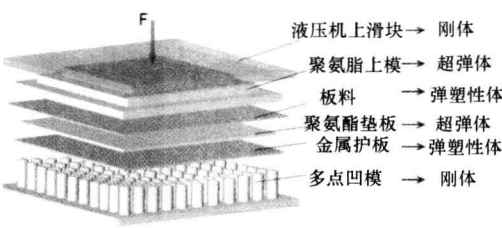


图 2 变曲率中厚板“三明治”成形

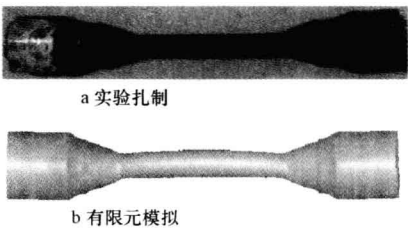


图 3 大断面收缩率轴类件楔横轧成形

3 研究成果

- (1) 在国内外发表论文 119 篇,其中 SCI 检索 12 篇,EI 检索论文 51 篇。
- (2) 申请中国发明专利 20 项,已授权专利 9 项;获国防科技进步二等奖 1 项。
- (3) 培养研究生 51 人,博士后 1 人,其中博士研究生 19 人、硕士研究生 32 人。
- (4) 项目研究成果在中国二重、中信重工、山东莱芜汇峰汽车轴齿有限公司等企业,围绕大型轧辊成形质量控制、特大型楔横轧轴类件产品开发及轧机研制、FL—9 低速增压风洞收缩段形体制造等方面获得成功应用,并取得了显著的经济效益。

* E-mail: fsdu@ysu.edu.cn

大型航空整体结构件加工变形机理及精度保障技术

项目负责人 柯映林*

(依托单位 浙江大学 山东大学 西北工业大学)

项目批准号: No. 50435020

资 助 金 额: 140 万元

起 止 年 月: 2005 年 01 月~2008 年 12 月

1 项目简介

围绕航空整体结构件加工制造中凸现的加工变形行为,借助理论分析、试验研究、力学建模和数值分析计算,系统地研究了航空整体结构件的变形机理,并进一步研究变形的控制策略及安全校正理论和方法,形成完备的大型整体结构件制造精度保障体系。与此同时,对制约高速加工推广应用的高速加工工艺参数优化、高速切削加工变形理论、刀具失效机理和结构优化、切削稳定性与变形关系等进行系统研究。研究系统地揭示了大型航空整体结构件加工变形机理,对保障大型航空整体结构件的精度具有重要意义。

2 主要创新点及其主要研究进展

(1) 通过铝合金 7050T7451 高速切削试验及分析,提出新的变形区域,阐明高速铣削变质层的位错滑移形成机理、加工参数对表层残余应力的影响(图 1),以及热-力耦合强作用下刀具的高频冲击损坏机理和磨损规律,建立了高速铣削航空铝合金时的刀具-工件加工匹配关系。

(2) 建立了 7050T7451 铝合金高速切削加工过程的动态热-力耦合模型,揭示了不同切削参数和毛坯残余应力对加工变形的综合影响规律(图 2);构建了有限元接力计算系统,对大型整体框、梁的加工过程、装夹布局进行了数值仿真优化。

(3) 针对薄壁结构件加工变形的预测与控制问题,提出了基于柔性迭代算法等薄壁件变形预测方法和基于双参数控制的表面误差控制方法(图 3);构建了夹具定位夹紧的准则。

(4) 建立了二倍斜率法反变形安全校正载荷的确定准则,提出了基于滚压应力调整变形校正的新校正理论和方法,对保证变形零件校正的安全性和可靠性具有指导意义。

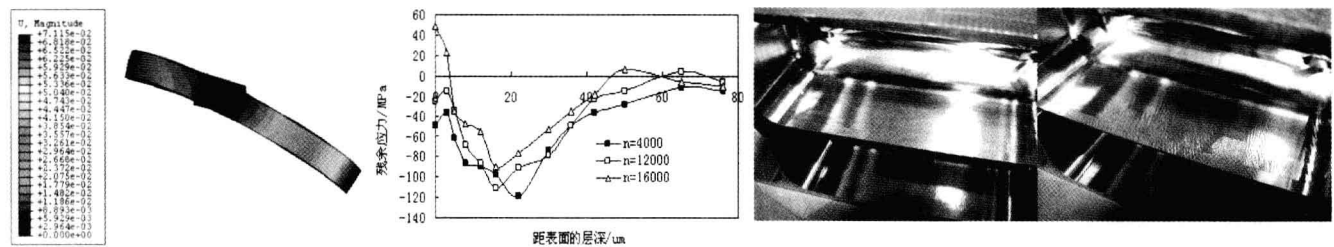


图 1 结构件加工影响变形的数值仿真

图 2 切削速度对加工表面残余应力的影响

图 3 稳定与不稳定切削对加工质量的影响

3 研究成果

(1) 在《ASME》、《机械工程学报》、《航空学报》、《中国有色金属学报》等杂志发表 SCI/EI 论文 81 篇。

(2) 已毕业硕士 4 人、博士研究生 16 人。

(3) 鉴于浙江大学柯映林课题组在我国国防型号工程所做出的突出业绩,2007 年中国一航集团特别授予浙江大学为“歼—10 飞机研制做出重要贡献单位”。

* E-mail: ylke@zju.edu.cn

新一代仿人型残疾人假手系统及理论的研究

项目负责人 刘 宏*
(依托单位 哈尔滨工业大学)

项目批准号: No. 50435040
资 助 金 额: 150 万元
起 止 年 月: 2005 年 01 月~2008 年 12 月

1 项目简介

作为生物机电一体化这一新兴交叉学科的典型对象, 残疾人假手系统及理论的研究不仅具有重要的理论价值, 而且对于提高肢体残疾人的生活质量、加快我国高性能假手的国产化进程具有重要的社会意义。研制了基于欠驱动原理的多自由度残疾人假手样机, 建立了基于肌电、脑电和语音等多源生物信号的多自由度假手控制系统。该假手样机由 5 根手指组成, 大小与成年人手相仿, 机构、传感、驱动和控制系统高度集成。基于肌电、脑电和语音等多源生物信号实现了假手多自由度多种运动模式的控制。

2 主要创新点及其主要研究进展

建立基于虚拟弹簧原理的欠驱动假手机构动力学模型, 优化手指结构参数, 研制了基于欠驱动原理的仿人型残疾人假手样机 (如图 1)。该样机采用新型的拇指机构和三指联动机构, 单电机驱动的拇指具有拟人的空间运动轨迹, 单电机驱动的中指、无名指和小指对被抓握物体的形状具有一定的适应性。基于生物机电一体化思想实现了假手机构、传感、驱动和控制系统的高度集成。根据残疾人假手的发展趋势, 最新研制成功了具有力/位感知功能、五指独立驱动的仿人型假手样机 (如图 2)。

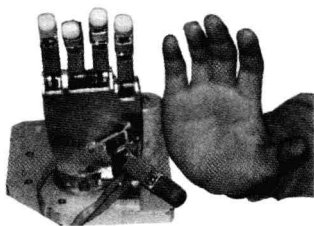


图 1 三电机驱动的欠驱动假手样机

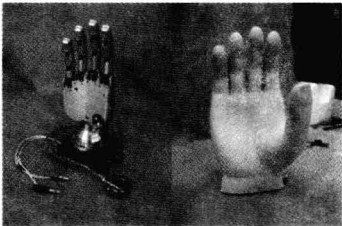


图 2 各手指独立驱动的假手样机

提出了基于多种传感器信息的力/位置并行控制策略, 实现了假手的局部自主功能。研制了有源电极和肌电放大器, 建立了基于肌电、脑电和语音信号的假手控制系统。将模糊理论和人工神经网络相结合, 提出了 4 种肌电混合分类器, 成功进行了残疾人假手的肌电控制实验 (如图 3)。提出了基于小波分析与混沌理论的脑电信号特征提取方法, 成功进行了假手的脑电控制实验。



图 3 基于肌电信号的多自由度假手控制

3 研究成果

在《Advanced Robotics》,《机械工程学报》、《控制与决策》等杂志和国际会议上发表论文 68 篇, 其中 SCI 和 EI 检索 38 篇; 申请国家发明专利 15 项, 其中已授权 6 项; 培养博士研究生 4 名, 硕士研究生 25 名。

* E-mail: dlrhitlab@yahoo. com. cn

轻量化结构薄壁铝型材拉弯仿真基础研究及几何精度控制

项目负责人 金朝海*

(依托单位 北京航空航天大学)

项目批准号: No. 50505001

资助金额: 27 万元

起止年月: 2006 年 01 月~2008 年 12 月

1 项目简介

以薄壁铝型材拉弯成形质量控制为研究对象, 将有限元数值模拟技术与实验相结合, 对薄壁型材拉弯成形中的加载轨迹进行了探讨, 实现了夹钳轨迹的有效设计, 为通过有限元模拟进行加载轨迹的优化奠定了基础。这项研究对提高型材拉弯零件设计水平和工艺水平具有重要的理论意义和实用价值。

2 主要创新点及其主要研究进展

进行了型材 2D 拉弯有限元数值模拟关键技术研究, 解决了力控制模式下夹钳加载轨迹的确定方法, 对更为实用的位移控制模式下型材拉弯成形中拉伸变形量的控制方法进行了探讨, 实现了夹钳轨迹的有效设计, 并开发了型材拉弯夹钳轨迹设计及运动仿真系统 (图 1), 为通过有限元模拟进行加载轨迹的优化奠定了基础。对简单截面铝型材拉弯成形变形机理、成形缺陷及影响因素进行了分析, 针对空心薄壁型材拉弯成形过程中容易产生上腹板塌陷和侧壁外凸变形的问题, 探讨了通过内部填充和外部约束以减小截面畸变的工艺措施。针对铝合金框架结构车身所用闭截面型材的拉弯成形, 采用数值模拟方法进行了比较系统的研究, 获得了型材拉弯成形过程中的一些基本变形规律, 并提出了拉弯成形性的概念和拉弯成形性图的建立方法, 开发了基于型材拉弯成形性的型材拉弯专家系统。

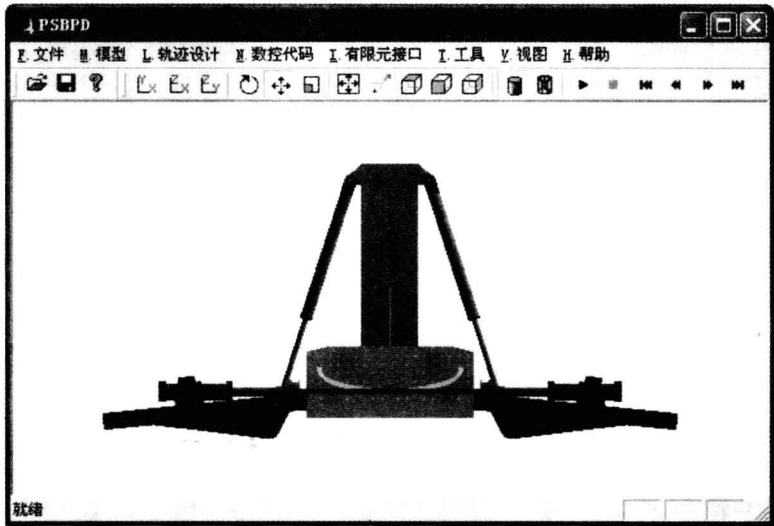


图 1 型材拉弯夹钳轨迹设计及运动仿真系统

3 研究成果

在《中国机械工程》、《塑性工程学报》及国际会议上共发表论文 7 篇, 其中 EI 收录 3 篇; 项目研究成果得到了长春机车车辆厂的应用; 培养研究生 2 人。

* E-mail: jch666@vip.sina.com

氧化铝基纳米复相陶瓷高速超塑体积成形及变形机理研究

项目负责人 陈国清*

(依托单位 大连理工大学)

项目批准号: No. 50505005

资助金额: 25 万元

起止年月: 2006 年 01 月~2008 年 12 月

1 项目简介

利用纳米陶瓷的超塑性变形特性,可以使陶瓷如同金属一样,用锻造、挤压、拉深和气压胀形等成形方法直接制成精密尺寸的陶瓷零件。应变速率过低和变形后材料的“空洞化”是制约超塑性陶瓷实际应用的主要因素。本研究以氧化铝基纳米复相陶瓷为对象,通过多因素协同作用的速控过程来提高应变速率,结合变形过程中的有益压应力抑制材料的“空洞化”。以压缩类体积变形为主,研究压应力变形中的微观组织结构与变形行为、成形性能之间的相关性,探讨高应变速率超塑性体积变形的实现条件。揭示多元纳米复相陶瓷压应力超塑体积成形的典型特征和纳米第二相协同作用下的变形机理。

2 主要创新点及其主要研究进展

以掺杂稀土的 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{YTZ} - \text{MgAl}_2\text{O}_4$ 三元纳米复相陶瓷为主要研究对象,通过溶胶—凝胶法制备纳米复合粉体,采用真空热压烧结,选择合适的工艺参数,控制晶粒长大,获得了“晶间/晶内”复合型纳米复相陶瓷。采用不同变形方式下的压应力成形试验实现了高速超塑体积成形,对比研究了材料变形前后的微观组织和力学性能。完成了纳米复相陶瓷正挤压变形、杯—锥形零件的复合挤压成形(见图 1)和“涡轮盘”模型的闭塞式锻造。研究表明,氧化物复相陶瓷高速超塑变形的实现条件为:控制初始粒径、多相均匀分散、抑制动态晶粒长大、掺杂阳离子提高扩散能力以及提供新的变形协调机制。研究表明采用压缩类体积成形可以有效抑制材料的“空洞化”(见图 2),兼顾成形后材料的力学性能,使得变形后材料的综合力学性能较变形前有一定程度提高。研究结果为纳米复相陶瓷超塑成形技术的实际应用提供了理论依据和实验基础。

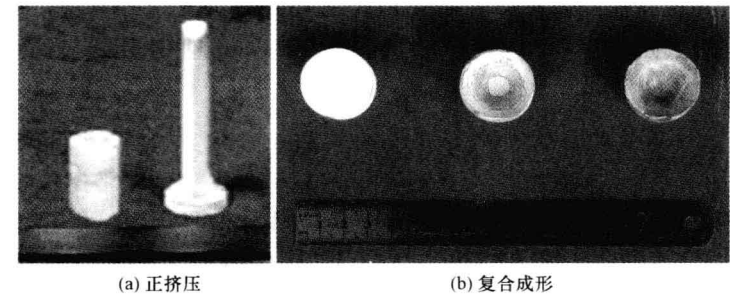


图 1 超塑变形前后试样对比

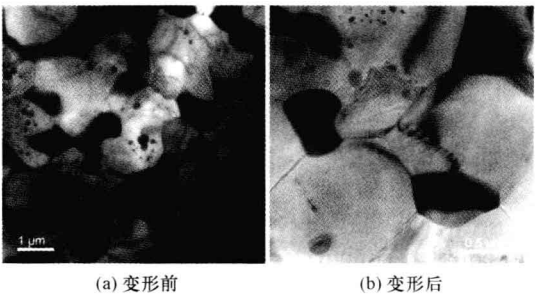


图 2 变形前后微观组织对比

3 研究成果

已在《Advanced Materials Research》(EI)、《Materials Science Forum》(EI)、《稀有金属材料与工程》(SCI)、《航空材料学报》(EI) 等期刊以及“第一届微米纳米成形技术研讨会”、“第十五届全国高技术陶瓷学术年会”等会议上发表学术论文 8 篇。申请国家发明专利一项“一种氧化铝基纳米复相陶瓷拉丝模及其制备方法”(申请号: 200810011634.1),该专利目前正进行洽谈、转让。研究成果获得 2006 年辽宁省自然科学成果一等奖(论文类);研究论文获 2008 中国材料研讨会青年优秀论文奖。

* E-mail: gqchen@dlut.edu.cn