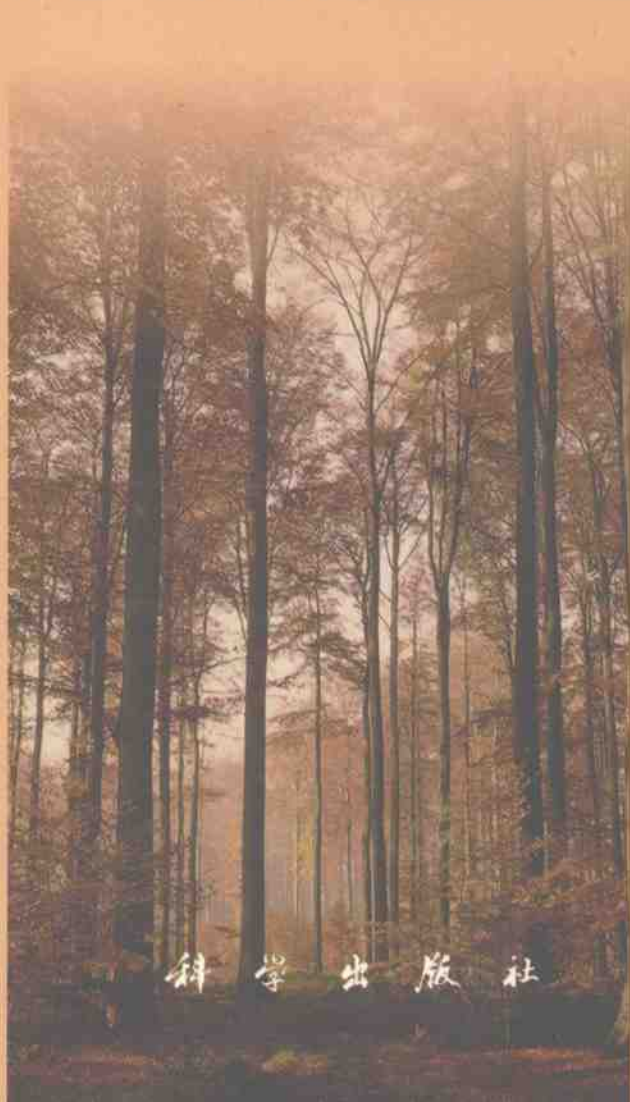


面向21世纪的中国科学院博士后

——中国科学院博士后科研论文集

中国科学院人事教育局 编



科学出版社

83
3

面向 21 世纪的中国科学院博士后

——中国科学院博士后科研论文集

中国科学院人事教育局 编

科学出版社

2000

内 容 简 介

中国科学院博士后们的科学研究大多处于各自研究领域的前沿。本文集从高起点、高层次着眼,全面汇集了世纪之交的中国科学院博士后的学术成就,较准确地展示了他们的科研工作。

文集中收入的 156 篇论文,是各学科专家们从 200 余篇来稿中精选出来的,内容涉及数学、物理学、化学、天文学、地学、生命科学、技术科学等各领域。从这些论文中,读者既可了解到 21 世纪前夜中国科学院博士后的研究方向、研究内容和在这些领域所取得的最新进展,还可了解到这些学科的发展动态。

本文集可供数学、物理学、化学、天文学、地学、生命科学、技术科学等各领域的科研人员、研究生及高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

面向 21 世纪的中国科学院博士后:中国科学院博士后科研论文集/中国科学院人事教育局编.-北京:科学出版社,2000.

ISBN 7-03-008239-7

I. 面… II. 中… III. 自然科学-文集 IV. N53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 02616 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:1000717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 2 月第 一 版

开本:787×1092 1/16

2000 年 2 月第一次印刷

印张:11 1/4

印数:1—1 000

字数:264 000

定价:16.50 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

序

当 21 世纪的钟声即将敲响之际，中国科学院迎来了她的 50 华诞。为此，中国科学院北京博士后联谊会在中国科学院人事教育局的大力支持和帮助下，编辑出版了《面向 21 世纪的中国科学院博士后——中国科学院博士后科研论文集》一书。此文集既是奉献给中国科学院的生日礼物，也是中国科学院博士后最新科研成果及闪烁着思想火花的新观点、新发现、新进展的集中展示。

如果说中国科学院是党和国家实施科教兴国战略的一支重要的国家队，那么，科学院的博士后就是这支国家队中的生力军。中国科学院的博士后事业在党和政府的支持和关怀下，已经成功地走过了 15 个春秋。15 年来，在中国科学院领导和人事教育局及有关部门的支持下，通过研究生与博士后处和各设站单位的共同努力，博士后队伍不断发展壮大，陆续设立的 102 个博士后科研流动站，群英荟萃、充满生机，不仅以其独特风采屹立于世界教育和科技之林，而且成为党和国家实施科教兴国战略、培养和造就高级科技人才的重要基地。广大博士后研究人员与合作导师一起，在科学前沿担负着重要的突击和攻坚任务。他们为了祖国的繁荣、民族的强盛，在科技战线努力拼搏、奋发进取、积极实践，用辛勤的汗水默默浇灌出丰硕的科研成果。

愿中国科学院博士后这支生龙活虎的科技队伍，在强手如林的科技竞争中独领风骚；愿广大博士后在祖国改革开放、科教兴国的大潮中乘风破浪，把生机勃勃的科技事业引向 21 世纪。

中国科学院人事教育局局长

金翔林

1999 年 9 月 1 日

《面向 21 世纪的中国科学院博士后 ——中国科学院博士后科研论文集》

顾问委员会

主 任 白春礼
委 员 杨 乐 徐至展 汪尔康 欧阳自远 邹承鲁
董韫美

编 委 会

主 任 余翔林
副主任 何 岩 吕晓澎
委 员 郑晓年 李 婷 樊 捷 庞 维 李洪伟
董宇飞 张 健 魏一鸣 吴艳红 李 原
傅小锋 劳力云 彭光雄 俞小淙 汤万金
彭思龙 王奇志

目 录

序

气动方法生产化工产品	董宇飞 (1)
气液两相流流态的识别方法研究	劳力云 (2)
炸药爆轰合成纳米超微金刚石的研究	陈鹏万 (3)
外流干扰对气动塞式喷管性能影响的数值研究	李 江 (4)
SiCw/Al 复合材料中热残余应力的分类及测量方法	刘秋云 (5)
电阻层析成像技术	马艺馨 (7)
梯度过渡层对等离子喷涂界面的改善作用	马 岳 (8)
矿物桥与珍珠母材料的力学性能	宋 凡 (9)
黏弹性高聚物裂尖银纹区应力分布及其对裂纹扩展速度的影响	孙远翔 张双寅 (10)
非饱和土变形与渗流耦合计算的有限元法	吴梦喜 (11)
用于高密度信息记录的自旋阀 GMR 材料的研究	杨 涛 (12)
Mn _{0.88} Fe _{0.12} WO ₄ 单晶临界散射测量	丁永凡 (13)
同步辐射 X 射线高分辨粉末衍射实验技术	姜晓明 (14)
奇异夸克物质的电荷	彭光雄 (15)
在北京正负电子对撞机上探寻 CP 破坏现象	漆纳丁 张锦龙 喻纯旭 (16)
裂变径迹法研究下营坊金矿的成矿热历史	袁万明 王世成 王兰芬 (18)
GaN:Mg 的自由电子激光辐照改性研究	张国庆 (19)
分子活化分析研究植物原生质体中的稀土元素	张智勇 王玉琦 李福亮 等 (20)
基于渡越辐射的电子束品质测量	赵 轶 (21)
浅海内波的双谱	王 涛 (22)
板状波导中圆柱夹塞物对弹性波的散射	王小民 (23)
海洋环境声场预报中的插值方法	肖 灵 (24)
有限温度下的齐纳共振	赵宪庚 (25)
量热法交流损耗测量中系统背底噪声对测量结果的影响	李敬东 (26)
ECR 等离子体的计算机模拟研究	刘明海 (27)
离子阱中量子计算的实施	冯 芒 (28)
一般随机泰勒级数和 Q_p , BMOA 空间	田范基 (29)
相对论态的自旋算符	张鹏飞 阮国南 (30)
不规则曲面的几何造型	郑津津 (31)
等离子体天文学的崛起与发展	马振国 (32)
基底神经节的启动效应功能研究	王常生 (33)

大脑序列记忆信息的提取	吴艳红 (34)
高压超高压变质流体的一种重要载体:名义上的无水矿物	夏群科 (35)
铜系氯化物催化的亚胺 Diels-Alder 反应,一锅法合成吡喃[3, 2-C]-和呋喃 [3, 2-C]-噻吩	马 云 (36)
环状聚芳醚酮预聚物的结晶与开环聚合的研究	陈春海 杨德才 (37)
氧化铁纳米粒子-酞菁铜复合 LB 膜的研究	霍丽华 (38)
现场紫外-可见吸收/荧光/化学发光光谱电化学	林祥钦 (39)
Mo(W)-Cu-S 原子簇的组装合成	刘 宇 (40)
高聚物分子量及其分布的质谱新技术研究	刘志强 刘淑莹 (41)
表面等离子体共振生物传感器测定抗体的活性	裴仁军 杨秀荣 汪尔康 (42)
锰基催化剂上乙烷和丙烷氧化脱氢的研究	葛庆杰 照日格图 于春英等 (43)
氯代污染物的催化消除研究	刘 艳 (44)
CRDS 技术原位检测 COIL 中氧浓度研究	徐 勇 孙巨龙 戴东旭等 (45)
A+BC 共线碰撞体系的能量传递	杨本会 韩克利 (46)
Cl+CH ₄ 反应的三维量子散射计算	杨本会 韩克利 (47)
离子束注入法和化学嫁接法制备高度隔离过渡金属选择氧化催化剂	杨启华 (48)
脉冲电晕等离子体作用下甲烷脱氢偶联反应的研究	朱爱民 林励吾等 (49)
手性簇合物的非经典拆分及其不对称催化性能	景欢旺 (50)
用外加电场改善和控制 MEMS 的微观摩擦学特性	刘惠文 (51)
MoSi ₂ 物相转变过程初探	马 勤 (53)
三元系 LiF-Ca(Sr)F ₂ -AlF ₃ 相平衡的研究	陈红兵 范世骏 (54)
半导体材料的电子声分层显微成像机理	方健文 江向平 惠森兴等 (55)
磁敏性动物细胞培养微载体的研制	丛 威 吕秀菊 高红亮等 (56)
SiC 纳米粒子对 TiO ₂ -Al-C 系燃烧合成的影响	唐 清 张登君 李 钊等 (57)
共沉淀-水热合成 Y ³⁺ 和 Ce ⁴⁺ 掺杂 ZrO ₂ 晶化的研究	唐 清 张登君 李报厚等 (58)
有机相固定化酶催化反应拆分手性化合物——间歇反应器内非定态动力学 模拟	修国华 刘会洲 (59)
金属催化剂结构敏感性的基础研究	王贵昌 李永旺 孙予罕等 (60)
助剂对 CO 在金属铜表面吸附性能影响的量子化学研究	王贵昌 李永旺 孙予罕等 (61)
中孔分子筛表面载钴催化剂制备及其在长链烃合成中的催化性能	银董红 李文怀 钟 炳等 (62)
三核 Mo-S(O) ₂ 簇合物的化学反应性能	姚元根 (63)
关于滇西昌宁—孟连带火山岩系地层的几点认识	郭震宇 方宗杰 (64)
瓢叶目孢子叶球中华盘穗 (<i>Discinities sinensis</i> Wang) 的孢子囊类型	王 军 (65)
洱海环境沉积学研究	李 原 (66)
莺歌海盆地底辟性质的讨论	杨志强 (67)
南海北缘盆地深部热结构与活动热流体	张 健 (68)

可持续发展指标体系研究	傅小锋 (69)
基于 GIS 的中国作物生产信息系统研究	潘学标 (70)
特异湖浪介(甲壳动物,介形类)的形态特征与环境的关系及其在古环境定量 化重建研究中的应用	尹 宇 (71)
西昆仑造山带构造演化与岩浆活动新认识	毕 华 (72)
华中超高压变质带中榴辉岩的稀土元素地球化学	黄智龙 刘丛强 肖化云 (73)
峨眉地幔热柱与我国西南地区超大型矿床	李红阳 杨竹森 罗泰义等 (74)
四川耳泽金-菱铁矿建造矿床的同位素组成及其成因	刘家军 郑明华 (75)
岩石脱水熔融对变质、岩浆和混合岩化作用的指示意义	
..... 刘建忠 卢良兆 欧阳自远 (76)	
云南富碱斑岩型金、多金属矿床成矿地球化学机制研究	刘显凡 (78)
扬子地块南缘深源组分参与锑成矿的地质地球化学证据	彭建堂 (79)
西昆仑造山带构造演化与岩浆活动	王元龙 毕 华 王中刚等 (81)
黄铁矿含金性研究	杨竹森 高振敏 (82)
垃圾卫生填埋结构的环境效应与优化设计	张澄博 (83)
岩体侵位对围岩热影响的数值模拟	周文戈 (84)
大别山榴辉岩等静水压条件下的地震波速	赵志丹 周文戈 谢鸿森等 (85)
矿物学填图与生态环境监测	李胜荣 (86)
成岩矿产与非成岩矿产及其成矿作用的新认识	肖荣阁 (87)
山东东营凹陷第三系砂岩储层中粘土矿物特征及其对储层物性的影响	
..... 于炳松 赖兴运 (88)	
云南老王寨金矿田成矿的地球化学过程	何明友 (89)
秦岭造山带金属成矿的构造环境控制作用	邵世才 汪东波 (90)
阿尔泰海西造山带成矿规律	王京彬 (91)
乌鲁木齐河源区植物化学元素和氨基酸含量与抗冻特性的初步研究	
..... 安黎哲 程国栋 (92)	
天山乌鲁木齐河源一号冰川冰芯中生物有机酸记录研究	
..... 李心清 秦大河 任贾文等 (93)	
软土深基坑土层人工冻结法围护的工程应用研究	牛富俊 (94)
土结构性及其定量化参数的研究	齐吉琳 (95)
低轨空间环境与航天器相互作用的动力学过程	曹晋滨 (96)
干涉式综合孔径微波辐射计	董晓龙 (97)
两种新型微波辐射计	李 靖 (98)
中国水资源现状、问题与对策	李贵宝 (99)
城市生活垃圾生态工程处理技术	刘 平 (100)
县域尺度农业生态系统可持续发展研究	苗泽伟 (101)
矿区可持续发展理论与实践	汤万金 (103)
川金丝猴(<i>Rhinopithecus roxellana</i>)种内遗传分化研究	李 明 (104)
库蚊解毒酶基因在大肠杆菌中的表达及解毒研究	邢建民 乔传令 李典谟 (105)

几个杂种杨光合机构的光诱导运动	张守仁 (106)
中国陆地植被的净第一性生产力及其对全球变化的贡献	周广胜 (107)
微量热法研究肌酸激酶的去折叠热力学	梁毅 (108)
IL-3 诱导人红白血病细胞株分化及凋亡的研究	程晓东 谢恒月 钱若兰 (109)
oxLDL/LPC 激活 THP-1 单核细胞 p42/44 和 p38 MAPK 及其在单核细 胞趋化中的作用	荆清 (110)
选凝素 P-selectin 参与人恶性肿瘤转移的分子机制研究	彭源东 (111)
利用酵母双杂交技术研究人类新基因 CASK 功能	齐洁 施锦绣 胡庚熙 (112)
IFN- γ 促进 LPS 对小鼠抑制性巨噬细胞 IL-12 p40/p35mRNA 的表达 及 NF- κ B 的作用	齐洁 张劲松 冯伟国 等 (113)
人肝细胞癌 α -白蛋白的低表达及其意义	吴国祥 (114)
非洲爪蟾 (<i>Xenopus</i>) 肌肉调控因子 Myf5 的表达调控的研究	杨靖 梅文燕 陶庆华 等 (115)
凤眼莲对二形栅藻的抑制作用研究	李家儒 管志勇 吴振斌 (117)
抗日本血吸虫膜蛋白特异性单链抗体的构建及表达	俞小淙 蒋欣 黄华梁 (118)
土壤热质迁移过程的数值模拟与仿真研究	金峰 (119)
不同熟相小麦籽粒建成期的碳同化与氮代谢特征研究	汤利 米国华 张福锁 (120)
农业集约化与持续化的关系初探	吴大付 李志明 何圆球 (121)
桑叶硫素营养及其对蚕茧品质的影响研究	赵言文 胡正义 曹志洪 (122)
高灵敏度 Ni/Co/Cu/Co 巨磁电阻材料研究	李铁 (123)
衍射光栅矢量电磁场理论分析	樊叔维 (124)
高精度塑料非球面透镜注射成型技术的研究	勾治践 (125)
玻璃碳表面的氢原子刻蚀	王君林 (126)
V 型原子荧光场的多模压缩现象	陈朝阳 徐至展 (127)
多比特量子叠加态的隐形传送	冯勋立 徐至展 (128)
含杂环的推-拉型偶氮染料掺杂薄膜光存储性能研究	王光斌 干福熹 (129)
散射介质中的漫反射成像	王建岗 王桂英 徐至展 (130)
铜(I, II)混合价配合物的合成设计、晶体结构、光谱性质和磁学性质研究	王尧宇 史启楨 侯洵 (131)
边界元法用于高压结终端技术研究	武自录 侯洵 (132)
Fourier 自去卷积示波计时电位法的研究	郑建斌 侯洵 高鸿 (133)
316L 不锈钢板材表面超细晶形成机制的研究	刘刚 (134)
TiC/NiCrMo 金属陶瓷复合材料微观组织与性能	刘越 毕敬 (135)
精确电阻测量对非晶合金相变过程的研究	王亚平 (136)
制造系统生产浮动性的算法研究	李泉林 (137)
交互式移动机器人智能融合导航系统设计与实现	李学恩 谭铁牛 (138)
一维正交小波系数的参数形式	彭思龙 (139)
薄板拉伸成形中压梗约束力的智能预测	王立东 (140)

一类并联机器人工作空间的研究	王奇志 (141)
金融机构内部实时监控系统的	钟 谦 (142)
Hopcroft-Kerr 算法在 SR2201 上的实现	陈雄达 (143)
面向大规模定制的产品模型	蒋 平 戴国忠 (144)
椭圆曲线密码体制的设计与实现	李 宝 (145)
分布式 workflow 管理	李震海 (146)
数字电视中交互式信息服务系统的研究	孙海生 (147)
大型数值软件并行化及其相关问题的研究	王春雨 (148)
面向移动计算的动态线性时序逻辑的研究	魏 峻 (149)
PRIS 系统前后处理部分的并行化研究与实现	文尚猛 孙家昶 (150)
SERPENT 和 SAFER 密码算法的能量攻击	吴文玲 (151)
基于 m -带滤波器组小波变换的快速实现	许 刚 (152)
多孔介质中可压可混溶驱动问题的特征-算子分裂方法	张怀宇 (153)
一类有记忆组合生成器的性能分析	冯登国 (154)
工业工程的过去、现在与未来	魏一鸣 (155)
扩展 DeBruijn 网络中的生成树	高随祥 杨德庄 (156)
中药药效作用的物质基础研究	朱 敏 (157)
$GR(4, r)$ 上本原序列的元素分布	祝跃飞 刘亚娟 (158)
运动控制及其发展现状	丛 爽 (160)
具有固定二部团和的二部可图序列	侯耀平 (161)
芳香氨基酸光电离过程的 pH 效应	宋钦华 (162)
基于神经网络的动态遗传算法及其应用	陶 卿 孙德敏 (163)
锺系三元杂多酸的制备及质子导电性	吴庆银 (164)
编后记	(165)

气动方法生产化工产品*

董宇飞

(中国科学院力学研究所高温气体动力学开放研究实验室, 北京, 100080)

作者简介: 董宇飞, 1996年7月于北京大学获理学博士学位。后进入中国科学院力学研究所从事博士后研究, 研究方向: 气动加热方法, 高温气体动力学。

石油化学工业是国民经济的基础工业。它为工业、农业、交通运输和国防建设提供大量的化工原材料, 直接关系到整个国民经济的发展。它是国家增加积累、增加财政收入的重要支柱。它与人民的日常生活更是密不可分。

高温化工是石油化学工业的重要组成部分。许多重要的化工产品是高温非平衡过程的中间产物, 在低温下一般难以得到, 只能通过快速反应过程(快速升温 and 快速降温过程)获得非平衡的高温生成物的冻结物。而传统生产工艺受材料等因素的制约, 化学反应温度仍停留在 10^2 的量级。经过多次优化, 性能已趋于极限, 但实际效率与理论值相去甚远。以重要的石化产品乙烯为例, 目前最先进的毫秒炉的单程产率为29%, 只有理论值的一半。如果要提高产品的单程产率, 需将化学反应温度提高至 10^3 的量级。而化学反应温度的提高使化学反应速度大大增加, 化学反应过程的时间量级降至毫秒(10^{-3} s), 因此需要与之相匹配的快速加热和快速冷却技术。

气体动力学与航空航天工业的有机结合形成空气动力学, 极大地促进了航空航天工业的发展, 同时又极大丰富了学科内容。气动加热方法可以提高化学反应温度, 避开材料温度极限限制等传统方法所不可避免的问题, 同时可以实现快速加热和快速冷却的要求。在超声速流动中完成, 流速快, 生产装置小, 产量大。此外, 抗结焦能力强、可连续运行, 从而能大大降低生产成本, 并可扩大原料范围。采用气动方法生产化工产品将帮助我国石油化学工业改变面貌, 使其在国际竞争中占居优势地位。

早在80年代中期, 中国科学院力学研究所高温气体动力学开放研究实验室即在高温化工领域开始了探索。俞鸿儒院士首先选择裂解制备乙烯(烯烃)问题作为突破口, 研究气体动力学在流动过程中的气相化学反应中的应用。中国科学院前基础局长钱文藻同志获悉本项目工作思路后, 曾给予很大的关注与支持。国家自然科学基金委张存浩主任认为这是一个重要的有意义的项目, 反映了钱学森创建的力学研究所的特征(早在50年代初钱学森就建议气体动力学者开展化工研究, 档案材料已由CIT转送力学研究所)。可以预见, 高温化工和气体动力学的结合不仅会推动石油化学工业的发展, 对国民经济和社会发展产生深刻影响, 而且气体动力学会从一个新的层面形成新分支。

* 该课题得到国家重点自然科学基金(19632002)“用于裂解制造乙烯的气动加热方法研究”的资助。

气液两相流流态的识别方法研究^{*}

劳力云

(中国科学院力学研究所十室, 北京, 310008)

作者简介: 劳力云, 副教授, 1998年毕业于浙江大学并获博士学位, 1999年进入中国科学院力学研究所从事博士后研究工作, 合作导师郑之初、吴应湘研究员。主要从事传感器及其信号处理的研究与应用等方面的工作, 目前进行气液两相流流态识别方法的研究。

气液两相流流型是影响气液两相流流动特性和传热、传质性能的重要因素, 两相流其他参数的测量也与流型密切相关。因此气液两相流流型的识别十分重要。由于气液界面的随机可变性, 流型的确定往往很困难。如何确定气液两相流在实际流动时的流型, 一直是气液两相流问题研究的重要方面。随机信号处理技术可以从常规的随机脉动信号中获取许多重要但又难以直接测量的参数和信息, 且具有成本低, 硬件简单等优点, 因此目前它在气液两相流流型判别中得到了较多的应用。

考虑到气液两相流中流动信号的非平稳性的这一实际情况, 应用非平稳信号处理方法对流动信号进行处理是合理的。本文介绍的方法是基于 Wigner-Ville 谱(WVD)分析方法处理管段差压信号实现空气—水两相流流型的辨识。流型辨识的实验是在水平管道中进行的。管道直径分 40mm 和 50mm 两种。实验的条件如下: 水流量范围: 0—5220 kg/h; 气流量范围: 0—6.0 Nm³/h; 水压力范围: 0—0.055MPa; 气压力范围: 0—0.16MPa; 差压信号的两引压点间距 200mm; 差压信号采样频率为 200Hz。

差压信号的准确获取和分析是成功地进行流型辨识的关键所在。

经过对大量不同流型下差压信号的 WVD 分析, 发现各种流型对应的谱分布有着明显的区别, 同时谱分布又与工况条件有着一定的联系。在所述的工况条件下, 液相流速对分布的影响特别明显。为了量化地分析不同流型的 WVD, 引入以下三个特征参数。

平均频速比 R 、频率相对均方差 d_f 和幅度相对均方差 d_A 。

上述三个参数均用于描述某个具体差压信号 WVD 分布的特征。频率相对方差和幅度相对方差分别表征了时-频平面上频率分布和幅度分布的离散性; 而当液相表观流速一定时, 平均频速比反映了分布的主频。它较主频的优越之处在于一定程度上抑制了流速对频率的影响。

* 本研究得到中国科学院“九五”重大项目(KZ951-A1-495)和工业控制技术国家重点实验室开放基金资助。

炸药爆轰合成纳米超微金刚石的研究*

陈鹏万

(中国科学院力学研究所, 100080)

作者简介: 陈鹏万, 1971 年 10 月生。1999 年 3 月在北京理工大学工程力学专业获工学博士学位。现在中国科学院力学研究所博士后流动站工作。曾从事的研究工作有: 电磁起爆系统的设计和无桥丝断型点火头的研究; 炸药爆轰法合成纳米超微金刚石的研究等。现在主要从事塑料粘结炸药的细观力学研究及炸药爆轰法合成的纳米超微金刚石的应用研究。

炸药爆轰合成纳米超微金刚石 (Ultrafine Diamond, 简称 UFD) 是利用负氧平衡炸药爆轰产生的瞬间高温、高压使炸药中的碳转变成纳米金刚石的技术。

爆轰过程中游离碳密实成金刚石和其他固相碳的过程可以简单描述为: 炸药爆轰后在爆轰反应区释放出类气态的游离碳原子或原子团, 这些原子或原子团在高温下由于过饱和而迅速聚集成碳液滴, 碳液滴在爆轰产物膨胀冷却过程中最终结晶相变而成金刚石。

为了对 UFD 的爆轰合成进行模拟, 采用经典的 ZND 模型描述爆轰波的结构, 用热力学程序 KHTR 计算炸药的爆轰参数及爆轰产物的状态方程, 考虑简单的反应度确定炸药爆轰反应区的热力学参数。用有限元动力学程序 DYNA2D 模拟爆轰产物的膨胀过程, 得到炸药整个爆轰及膨胀过程中热力学参数随时间的变化历程。按自发均匀成核和长大两步模拟 UFD 的生成过程, 考虑 UFD 在爆轰产物膨胀过程中的石墨化, 从而得到 UFD 在不同时刻的成核率、长大线速度、得率以及粒径分布等信息。

对 UFD 合成的数值模拟表明: 在 CJ 点附近游离碳主要以类液碳存在, 金刚石和石墨在反应区几乎没有生成, 它们主要是在 Taylor 波区生成的, 爆轰产物膨胀过程中金刚石的石墨化对 UFD 的生成有重要的影响。对于 TNT50/RDX50 装药在包裹水条件下 UFD 的得率为 7.48%, 平均粒径为 5.5nm, 与实验结果符合较好。

在特性表征方面, 用 X 射线衍射、透射电镜、激光拉曼光谱、红外吸收光谱、差热和热失重等对 UFD 的特性进行了分析。结果表明, UFD 粉体属于纳米级微粉, 只含立方金刚石, 不含六方金刚石, UFD 大都呈规整的球形, 其平均粒径 4—8nm, 晶格常数比宏观尺寸金刚石大, 具有较大的微应力; UFD 表面吸附有羟基、羧基等基团, 形成了相对疏松的表面结构; UFD 在空气氛中的起始氧化温度为 500—530℃, 热稳定性较差, 但在惰性气氛和还原性气氛中具有较好的热稳定性。不同合成条件对 UFD 的晶粒尺寸、结构以及性质都有影响。

* 本研究为国家自然科学基金和国防科工委基金资助项目。

外流干扰对气动塞式喷管性能影响的数值研究^{*}

李 江

(中国科学院力学研究所高温气体动力学开放实验室, 北京, 100080)

作者简介: 李江, 1998 年获西北工业大学火箭发动机专业博士学位。博士期间主要从事固体火箭发动机两相流研究, 以及固体推进剂裂纹扩展机理等项研究。目前在站期间的研究工作主要有: 有翼飞行器高超声速动稳定性实验研究、气动塞式喷管流动和性能研究。

与常规钟形喷管相比, 气动塞式喷管独特之处是它具有高程补偿能力, 因而可以避免因欠膨胀或过膨胀造成的损失。同时, 它还具有长度短、重量轻、结构紧凑等优点。正是看到了这些优点, 美国 NASA 已确定将融升力体和直排式气动塞式喷管发动机于一体的“冒险星”作为下一代可重复使用的单级入轨运载器的主攻目标。由于塞式喷管的流动相当复杂, 要想成功地将塞式喷管应用到可重复使用运载器中, 必须对塞式喷管的流动进行深入细致的研究, 全面掌握其流动特征以及与发动机性能之间的关系。国外在这方面开展了大量的实验和计算工作, 国内这方面的研究才刚刚起步。

对于钟型喷管, 外流干扰一般不会影响喷管的性能, 但气动塞式喷管却不同, 外流干扰一般会影响喷管的性能和效率。对于塞式喷管内外流干扰问题的研究, 通常采用实验和数值模拟相结合的方法。作为第一步工作, 本文尝试采用数值模拟的方法对气动塞式喷管的内外流干扰流动进行分析研究, 目的是从宏观上定量地揭示外流干扰条件下气动塞式喷管的流动结构, 以及干扰对喷管性能的影响规律。

本文针对一种直排式气动塞式喷管实验模型进行了数值模拟研究, 控制方程采用平面二维可压流 Navier-Stokes 方程, 差分格式采用隐式 NND 格式。针对不同的落压比和来流条件, 计算了 20 种工况。落压比分别取 150, 200, 300, 500; 外流马赫数分别取 0, 0.5, 1.1, 2.0, 3.0。计算结果表明:

(1) 在落压比较小情况下, 外流干扰使得塞式喷管壁面压力和塞体底部压力下降, 这造成喷管效率的降低。

(2) 随着落压比的增加, 外流干扰的影响程度下降, 当落压比为大于 500, 外流干扰对于喷管效率几乎没有影响。

(3) 本文所计算工况, 外流干扰造成喷管效率下降最大不超过 0.5%。

* 本研究得到国家高技术(航天领域)项目资助。

SiC_w/Al 复合材料中热残余应力的分类及测量方法*

刘秋云

(中国科学院力学研究所 LNM 室, 北京, 100080)

作者简介: 刘秋云, 女, 1998 年 3 月获哈尔滨工业大学材料科学与工程学院博士学位。博士期间主要从事复合材料显微组织、时效行为及热残余应力方面研究。现为中国科学院力学研究所博士后, 主要从事复合材料损伤破坏及强韧化机理方面研究。在国内外期刊及会议上发表学术论文 20 篇。

金属基复合材料中, 陶瓷增强相的热膨胀系数一般显著低于基体合金, 以 SiC 晶须增强铝 (SiC_w/Al) 复合材料为例, SiC 晶须的热膨胀系数仅为 $(4-5) \times 10^{-6}/K$, 而铝合金的热膨胀系数则高达 $(24-26) \times 10^{-6}/K$, 因此当复合材料从较高温度冷至较低温度时, 就会在增强体和基体中引入残余应力, 定义这种残余应力为热错配应力 (thermal mismatch stress 简称为 TMS), 其不同于传统的宏观、微观残余应力。本文给出利用 SiC 晶须晶体学特征, 通过测定晶须中的应力分布来间接表征复合材料基体中热错配应力的方法。

通常, 残余应力按其平衡区域可以分为宏观残余应力和微观残余应力: 当残余应力在整个试样或者宏观区域取得平衡时称之为宏观残余应力; 当残余应力在晶粒范围内或者更小的区域取得平衡时称之为微观残余应力。对于单相金属材料而言, 前者可以使 X 射线衍射线发生位移, 而后者可以使 X 射线衍射线发生宽化或者衍射强度降低。

增强体与基体的界面附近热错配应力值可高达基体屈服强度的 $10 \sim 15$ 倍, 随距界面距离的增大, 热错配应力迅速降低, 约在 $2R_0$ 处衰减为零 (R_0 为增强体半径)。界面附近区域基体中的热错配应力与增强体中的热错配应力相互平衡, 从平衡区域角度, 热错配应力属于微观残余应力范畴。但是, 由于热错配应力是晶须同基体之间相互平衡, 所以统计平均结果是, 在基体和晶须中存在不为零的等量异号的平均残余错配应力, 可以断言, 热错配应力将使基体或晶须的 X 射线衍射线发生位移, 而且二者位移的方向相反。可见, 从对 X 射线衍射线的影响来看, 其又表现出宏观残余应力的性质, 因而, 热错配应力对 X 射线衍射线的影响不能简单用宽化或位移来描述, 测量方法如下。

由于 SiC 晶须具有较大的长径比, 而晶须的直径很小 (仅为 $0.5-1.0 \mu m$), 有理由将晶须中的热错配应力视为轴对称的, 可以近似认为, r 方向和 Z 方向即为应力与应变的主轴方向, 并假定 ϵ_r 为常数。

* 本文得到国家自然科学基金 (19872065) 和中国博士后科学基金资助。

由应变的定义有 $\epsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r}$, 积分即得到 $\epsilon_r = u_r/r = \epsilon_\theta$, 其中 u_r 为 r 方向的位移, 这样晶须中的应力与应变关系的物理方程即可写为

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_r &= \frac{1}{E} [(1 - \nu)\sigma_r - \nu\sigma_z] \\ \epsilon_r &= \frac{1}{E} (\sigma_z - 2\nu\sigma_r) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中, E 为晶须的弹性模量, ν 为晶须的 Poisson 比, σ_r , σ_z 分别为晶须长轴和径向的热错配应力。很显然, 如果测定了晶须轴向和径向的残余应变 (ϵ_z 和 ϵ_r), 即可利用方程 (1) 求得晶须中的热错配应力。由热错配应力的平衡方程

$$V_f \langle \sigma_w \rangle + (1 - V_f) \langle \sigma_m \rangle = 0 \quad (2)$$

可以求得基体中的平均热错配残余应力。式中, V_f 为晶须的体积分数, $\langle \sigma_w \rangle$ 和 $\langle \sigma_m \rangle$ 分别为晶须与基体中的平均热错配应力。

下面介绍测定晶须中 σ_r , σ_z 的方法。

一般说来, 测量晶须无序分布的 SiCw/Al 复合材料中晶须的残余应变分量是有困难的, 但是, 作者及其他研究者的研究结果均证实, 各个厂家生产的 β -SiC 晶须 (面心立方结构) 的生长方向 (即长轴方向) 均为 $\langle 111 \rangle$ 方向。正是 SiC 晶须的这种特殊晶体学特征, 使得测量晶须中的弹性应变分量成为可能。

为了分析问题的方便, 定义晶须的长轴为 $[111]_z$ 方向 (相应的晶面记为 $(111)_z$), 与晶须长轴方向成 $\phi_1 = \pm \cos^{-1}(1/3)$ 的其他 $\langle 111 \rangle$ 方向记为 $[111]_{\phi_1}$ (相应的晶面记为 $(111)_{\phi_1}$)。可以认为, SiC 晶须的 111 衍射是 $(111)_z$ 和 $(111)_{\phi_1}$ 两组晶面衍射共同贡献的结果。取晶须的长轴方向 ($[111]_z$ 方向) 为 ϵ_z 方向, 晶须的径向为 ϵ_r 方向。则 $\{200\}$ 晶面法向 $[200]$ 与 ϵ_z 所成的角度为 $\phi_2 = \pm \cos^{-1}(1/\sqrt{3})$ 。 $\{220\}$ 晶面可以分为两组, 一组是与 ϵ_z 方向垂直的 6 个晶面记为 $(220)_r$, 另外一组是与 ϵ_z 方向成 $\phi_3 = \pm \cos^{-1}(\sqrt{2/3})$ 的 6 个晶面, 记为 $(220)_{\phi_3}$ 。同样地, SiC 晶须的 220 衍射是 $(220)_r$ 和 $(220)_{\phi_3}$ 两组晶面衍射共同贡献的结果。根据 Rietveld 的全谱拟合思想, 经分析推导可得:

$$\epsilon_{111} = \epsilon_z \quad (3)$$

$$\epsilon_{200} = \frac{1}{3}\epsilon_z + \frac{2}{3}\epsilon_r \quad (4)$$

$$\epsilon_{220} = \frac{5}{9}\epsilon_z + \frac{4}{9}\epsilon_r \quad (5)$$

可见, 只要测定了 ϵ_{111} , ϵ_{200} 及 ϵ_{220} , 任意两个方向上的应变, 就可很容易地求得晶须轴向和径向的应变 ϵ_z 及 ϵ_r 。

电阻层析成像技术*

马艺馨

(中国科学院力学研究所 10 室, 北京, 100080)

作者简介: 马艺馨, 1993 年 7 月毕业于北方工业大学工学部, 获工学学士学位; 同年入天津大学自动化学院自动化仪表专业学习, 先后获得硕士、博士学位; 1999 年 4 月进入中国科学院力学研究所流体力学专业做博士后, 从事电阻层析成像技术在两相/多相流检测中应用的研究。

电阻层析成像 (electrical resistance tomography, ERT) 技术是电学过程层析成像 (process tomography) 技术的一种, 通过计算被测对象内部电阻率的分布来获得媒质分布图像, 实现非侵入的可视化测量。

ERT 技术的研究主要包括以下几方面内容: 电极阵列的优化设计, 数据采集子系统的开发, 图像重建算法的设计, 图像特征参数的提取, 应用性的开发。电极阵列的优化设计旨在改善敏感场的分布特性; 数据采集子系统要求具有好的稳定性、分辨率、信噪比、实时性; 重建算法要求速度快、分辨力高; 应用性的开发则是要开拓 ERT 技术的应用领域和适用范围。

目前 ERT 技术的研究已走向工业应用。美国劳伦斯利弗摩尔国家实验室运用 ERT 技术监测加热状态下水分在多孔性岩石材料中的转移 (输运) 现象, 为证实核废料贮存场所的超长期安全性计算机仿真模型的正确性提供依据; 西班牙学者探索了 ERT 在地质测量中的应用; 英国 Leeds 大学将 ERT 应用于水力旋流分离器运行工况的监测, 在英国陶瓷粘土公司精制工厂的水力旋流分离器上的现场测试结果证实, 运用 ERT 技术对水力旋流分离器运行状况进行在线测量和控制是可行的; 等等。值得注意的是, 包括 ERT 在内的层析成像技术应用于多相流 (油/水/天然气混合物) 流型识别及流动参数的在线测量也颇受青睐。

总之, 人们已日益认识到过程层析成像技术在获取“对象”内部状况的时、空分布信息, 验证过程机理模型, 优化反应装置/设备的设计, 实现“困难”流体反应/输运过程的在线监测与控制等方面所具有的巨大潜力, 已有很多国家的学者和工程技术人员投入到这项技术的研究。随着 ERT 技术性能的不断完善, ERT 可望成为两相流/多相流检测的一种有效手段, 应用于油井生产情况的在线监测、化工生产过程的监测等。

* 本研究得到海洋“863”青年基金及中国科学院力学研究所所长择优基金资助。