

'94 秋季中国材料研讨会 IV

材料加工和研究新技术

中国材料研究学会

C-MRS

2

化学工业出版社

'94 秋季中国材料研讨会会议论文集

'94 C-MRS Materials Conference Proceedings

第Ⅳ卷

材料加工和研究新技术

**Vol. IV New Techniques for Materials
Processing and Research**

**第二分册 计算机在材料研究与工程中的应用、
材料研究新技术、材料科学前沿**
阮雪榆 周本濂 师昌绪 李恒德

中国材料研究学会 (C-MRS) 编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字039号

图书在版编目(CIP)数据

材料加工和研究新技术:94'中国材料研讨会论文集/
中国材料研究学会组织编写.-北京:化学工业出版社,
1995.8

ISBN 7-5025-1513-5

I.材… II.中… III.①工程材料-制造-学术会议-文集
②材料科学,新技术-科学研究-文集 IV.TB39-53

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第09243号

出版发行: 化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里3号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

经 销: 新华书店北京发行所

印 刷: 有色金属研究总院印刷厂

装 订: 有色金属研究总院印刷厂

版 次: 1995年6月第1版

印 次: 1995年6月第1次印刷

开 本: 787×1092 ¹/₁₆

印 张: 38

字 数: 960千字

印 数: 1-600

定 价: 135元

(1分册65元; 2分册70元)

'94 秋季中国材料研讨会论文集 编辑委员会

顾问：师昌绪 严东生

主任：李恒德

副主任：韩雅芳 吴伯群

委员：（按姓氏笔划排列）

马莒生	甘子剑	刘伯操	刘家浚	李诗卓
朱鹤孙	阮雪榆	邹广田	吴人洁	吴伯群
周 廉	周本濂	陆盘金	姚 熹	姜德生
张兴栋	张允什	张传厉	张荟星	张少卿
张锐生	俞耀庭	侯静泳	柳襄怀	闻立时
胡壮麒	胡黎明	柯 伟	钟家湘	袁润章
徐 僖	徐 懋	海锦涛	章靖国	屠海令
韩雅芳	熊炳昆			

统编人员：侯静泳 韩雅芳
责任编辑：徐 蔓 夏叶清 管德存

前 言

本书是中国材料研究学会 (C-MRS) 组织编写的《'94秋季中国材料研讨会会议论文集》之一。“'94秋季中国材料研究会”于1994年11月至15日在北京召开。这是我国材料界最盛大的一次跨学科的学术交流会,参加会议的有来自国内102所高等院校、75个科研院所、15个工矿企业及有关领导机关的材料科学家、企业家共1000余人。中国科协主席、中国工程院院长朱光亚到会作了重要讲话,我国材料界的著名科学家师昌绪、严东生、林兰英、钱人元、葛庭燧等应邀在大会上作了学术报告。日本、韩国、美国、法国、英国、澳大利亚等国家的材料科学家也应邀出席了大会并作了学术报告。会议共收到论文1500余篇,除26位在大会上作综合性报告外,另分23个分会进行了学术交流。23个分会分别为:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1. 智能(机敏)材料 | 13. 超塑性 with 超塑成形 |
| 2. 梯度材料 | 14. 喷射成形(工艺)技术 |
| 3. 新型工程塑料 | 15. 反应加工新技术 |
| 4. 超导(高、低T _c)材料 | 16. 摩擦学材料 |
| 5. 生物医用材料 | 17. 材料的腐蚀与防护 |
| 6. 超硬材料 | 18. 异材连接与封装技术 |
| 7. 薄膜材料与薄膜技术 | 19. 稀土元素在材料中的应用 |
| 8. 储氢材料 | 20. 计算机在材料研究与工程中的应用 |
| 9. 非晶态、急冷与快速凝固材料 | 21. 材料研究新技术 |
| 10. 新型轻金属材料 | 22. 超细材料与技术 |
| 11. 富勒烯球(C ₆₀ 等) | 23. 材料科学前沿 |
| 12. 束流表面改性 | |

本次大会的论文涉及面广,学术水平较高,反映了在上述领域内我国材料研究的最新成就。所有论文均按照规定的评审程序和正式的出版要求进行了审查,最终收集在本论文集的论文共1012篇,分四卷,10分册。

第一卷为新型功能材料(含三个分册);第二卷为低维材料(含二个分册);第三卷为新型材料与表面技术(含三个分册);第四卷为材料加工和研究新技术(含二个分册)。

本书对从事材料开发和研究的科学家、工程技术人员、大专院校师生以及有关领导机关的人员均有重要的参考价值。

全书四卷论文集,作者几千人,汇编成书正式出版尚属首次,缺乏经验,且成书时间甚为紧迫,诸多作者联系不便,不足之处在所难免,祈请各界同仁鉴谅并予以指正。考虑到材料科学和应用技术发展日新月异,拟在日后每召开一次研讨会,即将会议交流论文汇集成册,正式出版,此举还望材料界有关人士予以大力支持。

目 录

计算机在材料研究与工程中的应用

- 计算机在材料研究与工程中的应用-----阮雪榆 潘健生 陈焕文 彭颖红 (1)
- Fe-C马氏体中周期有序相的晶体结构及其衍射花样的计算机模拟
-----任晓兵 王笑天 清水谦一 唯木次男 (15)
- 计算机模拟复杂长周期有序结构 $Fe_{144}C_{24}$ 的衍射花样
及其与实验衍射花样的对比-----任晓兵 王笑天 清水谦一 唯木次男 (18)
- Ni_3Al 中空位团的稳定构形-----胡深洋 王天民 李玉兰 (20)
- 电磁波在亚柱状晶粒中的散射及计算机模拟-----刘发民 李 炮 许家栋 (26)
- Ni/Mo双层膜的计算机法XRD深度层析-----骆建 陶 琨 (30)
- 渗碳控制的数学模型研究---贺书奎 丁 勇 王广生 佟小军 王素英 董云国 (35)
- 双金属管材拉拔变形行为研究-----彭大暑 龙琳琳 杨立斌 (41)
- 钉单晶重离子辐照形成位错环的透射电子显微镜观察----杨启法 David.J.Bacon (46)
- 双相介电材料的计算机模拟-----宋润生 曹泽淳 (50)
- 计算机在彩电用电容器介质材料研究中的应用-----熊兆贤 陈寿田 曾文臻 (56)
- 二元合金相分离的Monte-Carlo模拟
-----刘俊明 郭新立 吴状春 刘治国 孟祥康 (61)
- 三元共晶系中单变度线的计算机简化算法-----张澜庭 邱国华 吴建生 (67)
- 凝固过程糊状区溶质传输研究-----郑贤淑 陈卫德 姚 山 金俊泽 (73)
- 计算机辅助设计在无机材料中应用---杨 辉 葛曼珍 方 毅 阙红华 江仲华 (79)
- 关于平衡相图计算方法的探讨
-----李 麟 L.Delaey P.Wollants O.Van Der Biest (84)
- Cu/Ni多层薄膜及其X射线衍射的计算机模拟-----孙敬泽 王煜明 (89)
- $MgO-B_2O_3-SiO_2$ 系晶化分形的计算机模拟-----张培新 林 红 郭震中 隋智通 (94)
- 薄板三维超塑成形过程的数值模拟-----邢会林 王仲仁 (98)
- 复合挤压过程的刚塑性有限元模拟-----彭颖红 卫原平 阮雪榆 左铁镛 (104)
- 无模拉伸管材温度场的有限元分析-----张卫刚 栾瑰瑰 关口秀夫 (109)
- 应用数值模拟方法控制锻件的组织和性能-----王少林 俞新陆 胡宗式 陈森灿 (115)
- 金属塑性成形过程的计算机模拟系统-----卫原平 阮雪榆 (119)
- Hele-Shaw流纤维三维取向的计算机模拟-----郭和忠 阮雪榆 (125)
- 凸缘拉延中的“应变松弛效应”分析-----朱 谨 阮雪榆 (131)
- 一种改进的刚粘塑性有限元初始速度场自动生成方法
-----王忠金 傅沛福 胡 平 李运兴 (137)
- 复合轧制时轧制力的分析与计算-----谭新才 彭大暑 (142)
- 反向模拟基本技术及其在精密锻造中的应用-----孙 胜 魏星元 栾贻国 (147)
- 材料的非牛顿流动的有限元分析-----张凯锋 王仲仁 牧野内昭武 中川威雄 (153)
- 用不等厚板超塑胀形壁厚均匀半球件有限元分析
-----王长文 赵庆云 张凯锋 王仲仁 (160)
- 太阳能电池硅片ELCC技术模具温场的计算机模拟
-----温宏来 张 军 毛协民 傅恒志 (163)
- 人工智能在冷弯型钢工具设计中的应用-----陈天宝 王先进 (167)

连续冲裁模工步排样自动设计系统-----	汤觉民	王 鹭	(172)
高速钢W18Cr4V扁铰锻造方坯内部裂纹产生原因研究			
-----吕二乐 陈红兵 周 杰 苏长清 金伟东			(176)
一种用于集成CAD/CAM系统中的面向对象的零件模型----	聂 明	阮雪榆	孙国平 (183)
矩形件套裁人工智能优化排样-----	周 杰	李 军	杨特芝 (186)
	袁灿伦	汤文兵	李明友

材料研究新技术

材料的仿生设计与制备-----	周本濂	(191)
显微力学探针—材料微区性能检测新手段-----	彭继华 刘丹梅 王金国 陈国良	(200)
Zn-5Al合金微观结构的准三维观察研究-----	李世春 胡秀莲 杨春松	(205)
STM研究Au离子轰击HOPG的溅射		
-----王宇钢 康一秀 赵渭江 颜 莎 唐 伟 谢有畅 翟鹏济 唐孝威		(208)
离子探针微区定位分析的一种新方法-----	陈 廉 龙瑞斌 佟 敏 王 利	(213)
金属单晶和多晶电子通道花样的研究-----	孙丽虹 刘安生 张启海	(219)
表层物相深度分布的XRD分析-----	骆 建 殷 宏 杜 勇 陶 琨	(223)
超细La ₂ O ₃ 纳米粉末制备过程的电子显微镜动态观察----	张泰宋 李永洪 高愈尊	(227)
应用人工神经网络进行材料设计研究-----	吕允文 赖树纲 夏宗宁 孙义忠	(229)
层状复合氧化铝陶瓷制备-----	杨 辉 葛曼珍 楼 明 阙红华 江仲华	(234)
关于制备仿生哑铃形碳化硅晶须的探索		
-----贾 贤 成会明 周本濂 张蓉晖 郑国斌 沈祖洪		(239)
用神经网络研究7175铝合金的时效特征-----	宋仁国 曾梅光 张奇志 张宝金	(244)
螺旋碳纤维的CVD法制备和电镜观察--	郭定和 郭怀喜 王建松 蒋昌忠 范湘军	(248)
珍珠的微观结构研究-----	冯庆玲 崔福斋 张红兵 李恒德 汪日志	(252)
生物大分子与无机盐结晶过程中相互作用的偏光显微研究		
-----翟建才 公衍道 张志诚 张秀芳 赵南明		(258)
碳素材料的抗氧化新途径——自我保护		
-----成会明 刘 敏 郑国斌 沈祖洪 周本濂 佐野秀明		
内山休男 小林和夫		(262)
FeMnAlC合金相结构的判别与设计-----	王建邦	(267)
仿生双螺旋增强组元的实验研究-----	李世红 付绍云 周本濂 曾其蕊	(273)
铸铁组织获得性的遗传-----	叶以富 张 林 荣福荣 张均艳 王华锋	(278)
钢中碳化物形态控制的一种新理论——渗碳体从母体直接稳态析出		
-----吴 凡 赵 恂 姜冀湘		(283)
层状复合氮化硅陶瓷制备-----	葛曼珍 杨 辉 阙红华 蒋炜烽 江仲华	(287)
贵金属室温固相复合轧机特性及其在复合材料领域中的应用-----	夏文华	(291)
形变诱发马氏体的形态转化与相变诱发塑性		
-----胡天容 李冬法 孟祥敏 张修睦		(297)
铸件三维凝固过程有限元分析-----	程 军 徐 宏 程 眉	(303)
金属陶瓷增强增韧机制的研究-----	李永洪 王晓华 张 波 潘敏元	(309)
涂层中添加Al ₂ O ₃ 控制激光合金化过程中元素的烧损与稀释		
-----谷臣清 赵 康 亢 颖 王京秋 沈福三		(315)

纤维表面多层梯度涂层在复合材料中的作用---王玉庆 王作明 周本濂 师昌绪	(324)
蒙特卡洛模拟Mg在Ni ₃ Al晶界的偏聚	
-----江炳尧 柳襄怀 邹世昌 孙 坚 王 坚	(328)
Fe-Fe ₃ N混合粉末的机械合金化研究	
-----程力智 董心权 徐 辉 白魁昌 何开元	(334)
Sol-Gel法制备BaTiO ₃ 铁电陶瓷的机理研究--彭会芬 殷福星 王立新 谷南驹	(338)
研究钎料表面特性的新途径-----杨永正 赵秀英	(344)
用PTA技术测定再结晶体积分数-----崔怀洋 贺信莱 柯 俊	(347)
新型高强度不锈钢热处理工艺特性研究-----杨芳儿 林 薇	(350)
用疲劳裂纹扩展的逻辑框架分析微观结构对Al7075-T6	
疲劳裂纹扩展的影响-----徐建国 宋金山 H.W.Liu	(354)
颗粒增强金属的塑性损伤机理实验研究	
-----张 奎 何 萍 石力开 穆承章 卢于速	(360)
预应力对调整复合材料层合板中残余应力的作用的一个理论研究	
-----付绍云 李世红 徐成发 周本濂	(364)
低周冲击疲劳试验与研究-----杨平生	(370)
HR-1 不锈钢电子束焊缝的微区成分与组织	
-----张鹏程 白 彬 柏朝茂 邹觉生 任大鹏 吴学义	(376)
原始组织对含0.12%C, 1.44%Mn双相钢组织与性能的影响	
-----刘清泉 张修睦 王仪康	(382)
棕青铜单晶退火对导电性能的影响-----曾兴斌 张宣嘉	(388)
烧结钢的高温拉伸行为-----单朝晖 冷 杨	(392)
用动态内耗方法研究高温蠕变中位错组态的变化	
-----孔庆平 周 浩 李小毛 王 翔	(397)
磁三明治结构中振荡耦合长周期性的来源-----汪仲诚 侯卫红 沈勤我	(403)
究竟是RKKY机制还是量子阱机制?——实验上的一个证据	
-----侯卫红 汪仲诚 沈勤我 沈松华	(410)
涂料高温全发射率的研究-----何冠虎 曹 卉 王宝全 唐大伟 周本濂	(416)
不同Mo含量的超微晶合金的磁性与有效磁各向异性的研究	
-----智 靖 何开元 梅青凌 周 飞	(422)
研究固体热浴行为的格子气模型-----秦荣山 周本濂	(426)
晶体中的非线性问题-----刘伍明 周本濂	(430)
接触热阻对非线性复合介质有效热导率的影响-----倪福生 顾国庆 陈康民	(435)
一种用于材料研究的小型多功能离子加速器	
-----彭友贵 范湘军 孟宪权 叶明生 傅 强 郭怀喜 刘 昌	(440)
复合样品闪光法测量半透明氮化硼材料的热扩散率-----王 恒 何冠虎 周本濂	(443)
材料科学前沿	
无机新材料与材料科学——一些前沿领域的现状与展望-----严东生	(449)
发展新材料的一些物理力学问题:材料的力学性质和材料设计-----葛庭燧	(458)
低偏析高温合金-----朱耀宵 师昌绪	(467)
对开发环境协调型产品和材料的建议-----山本良一	(472)

石油工业的材料问题-----	李天相	(476)
多晶薄膜及表层的XRD技术进展讨论-----	陶 琨	(480)
金刚石生长条件和机理研究的新进展-----	张亚菲	(486)
用非平衡热力学开展材料科学研究-----	王季陶	(496)
中国微重力条件下的材料科学研究近况-----	王文魁	(500)
环境材料与材料生态循环评估-----	肖定全	(505)
关于开展我国环境材料和材料生态循环评估研究与发展(R&D)的建议 -----	肖定全	(511)
无机膜研制和应用的现状与发展趋向-----	孟广耀	(516)
多功能氧化锌晶须材料与应用-----	李树尘 卢昌颖	(525)
材料仿生制备的新进展-----	李恒德 崔福斋 冯庆玲	(531)
层状复合陶瓷及陶瓷增韧-----	葛蔓珍 杨 辉 楼 明 阙红华 江仲华	(536)
当代木材科学的新发展-----	王金林 陈绪和	(542)
LB膜器件的研究-----	王丽颖 席时权 王海水 李 薇 袁迅道	(551)
医用组织引导再生材料-----	张其清 刘玲蓉 任 磊 王 淳	(556)
近代高强度炮钢-----	张锐生	(561)
准晶材料的形成机制、性能及应用研究的最新进展-----	董 闾	(570)
机械合金化技术及理论研究的进展存在的问题及发展方向-----	梁国宪 王尔德	(580)
密封材料新进展-----	于 翹	(589)
不同惰性气氛对Kraischmer碳弧法产物特性的影响 -----	张海燕 何艳阳 陈 军 陈宝琼 彭少麒	(595)

计算机在材料研究与工程中的应用

*阮雪榆 **潘健生 ***陈焕文 ****彭颖红

(上海 上海交通大学 200030)

摘 要 本文概述了国内外计算机信息产业的发展状况;探讨了国内外CAD/CAM/CAE应用系统的发展状况、主要模块和关键技术;为了说明计算机在材料科学研究与工程应用中的现状和未来发展,本文重点介绍了计算机在模具行业中的应用以及计算机在热处理中的应用。本文列举大量应用实例,说明了计算机在材料工业及科研中的广阔应用前景,并综合全文论述总结出一系列重要结论。

关键词 模具CAD/CAM/CAE, 热处理, 计算机信息产业, 材料工业

1. 引 言

材料工业是一个传统的基础工业,在国民经济中占有相当重要的地位。随着工业技术的发展,对于材料工业的要求越来越高,传统的材料研究方法及材料工艺和设计加工方法已不能适应工业产品及时更新换代和提高质量的要求。因此提高材料科学研究和工程应用的自动化程度势在必行。

计算机的问世是人类技术进步所取得的最大成就之一。我国的计算机市场信息产业目前正显示蓬勃发展的良好势头。现在全国大、中、小型计算机装机量超过12000台,微机140万台,计算机的应用已涉及国民经济发展的各个领域^[1]。

(1) 90年代中国大陆计算机市场进入稳步快速正增长时期

从表1(1981年~1992年中国计算机市场销售额及其增长率)看出,1981年销售额为5.2亿元人民币,到1992年增长为161.45亿元人民币。80年代以来中国计算机市场大致可分为3个阶段:

* 中国工程院院士,国家模具CAD工程研究中心主任,上海交通大学教授,博士生导师

** 上海交通大学材料科学系教授,博士生导师

*** 上海交通大学材料工程系,博士,讲师

**** 上海交通大学材料工程系,博士后

表1 1981年~1992年中国计算机市场销售额及其增长率

年 份	81	82	84	86	88	90	92
销售额 (亿元人民币)	5.2	5.9	35.83	39.8	45.24	55.1	161.45
比上年增(%)		13.46	316.63	-14.11	10.88	10.52	183.10

第一阶段(1981年~1985年)市场发展起步阶段;第二阶段(1986年~1990年)市场稳步发展阶段;第三阶段(1991年至今)市场进入稳步快速增长阶段。1993年中国大陆计算机市场大中型计算机60台,小型计算机1100台,微机35万台。

(2) CAD/CAM市场发展

• 中国CAD/CAM市场容 1992年达15亿美元,系统数达5500台套(表2)。

表2 中国CAD/CAM市场的发展

时 间(年)	75-80	81-85	86-90	91	92
CAD/CAM 市场容量(亿美元)	0.4	2	10	9	15
CAD/CAM 系统数	40	500	5000	3000	5500

• 中国CAD/CAM市场容量,“八五”后期将达到100亿美元以上。鉴于计算机产业的发展,计算机在材料科学研究和工程应用中CAD/CAM/CAE系统的应用最为广泛。因此,有必要总结国内外CAD/CAM/CAE系统的开发及应用状况。

2. CAD/CAM/CAE系统开发及应用

2.1 国内外CAD/CAM/CAE应用系统开发概况

国际上一些先进的国家,对CAD/CAM/CAE技术已进行了长期的研究和应用,到80年代,CAD/CAM/CAE技术已取得飞速的发展和较为广泛的应用。相对来说,我国CAD/CAM/CAE技术的研究和应用起步较晚,从70年代末才开始尝试,到“七五”期间才进行有计划、有组织的研究,目前也取得一批可喜的成果。国外

有很多著名的CAD/CAM/CAE系统，如SDRC公司的I-DEAS、CV公司的CADPS、EDS公司的UG-II、Cisigraph公司的STRIM100、MATRA公司的Eudid-IS、CDC公司的ICEM-PM、AC-Technology公司的C-MOLD、Intergraph公司的系统以及主要运行在IBM43系列主机上的CADAM、CATIA等系统；运行在微机及工作站上的AUTOCAD、CADKEY以及在工作站和微机上均可运行且功能相当的以色列软件CIMATRON等。这些软件基本上能够适应材料科学研究以及工程应用的需要，它们均有完善的菜单和交互命令功能，商业化程度也较好。

国内也开发了一些较为满意的系统，如航空航天部组织开发的CIEM、CADISEN，浙江大学开发的ZD-MCAD，中科院软件工程研制中心开发的PLICAD，上海模具技术研究所开发的基于工作站的塑料模CAD/CAM/CAE系统S-MOULD和基于微机的冲裁模CAD/CAM/CAE系统等。

2.2 CAD/CAM/CAE应用系统中主要模块和关键技术

一个完善的CAD/CAM/CAE应用系统应该是一个以工程数据库为核心，以图形为主要手段，包括设计、绘图、工程分析、数据加工、测试、仿真和优化等功能在内的集成的、用户友好的和结构开放的系统，下面着重分析一下CAD/CAM/CAE应用系统中的主要模块。

2.2.1 图形系统

图形系统作为CAD/CAM/CAE系统的主要手段，它的应用领域相当广泛^[3,4]。在图形系统中目前有如下几个方面的问题有待我们解决：

- (1) 综合三视图中二维几何与拓扑信息。
- (2) 对实体造型而言，如何在计算机内表示一个物体。如何保证形体在造型过程中的一致性以及如何扩大几何造型的覆盖域。
- (3) 对于某些复杂的造型而言，如何控制精度问题。

2.2.2 有限元分析模块

有限元数值模拟的全过程可表示为图1所示的过程^[5]：

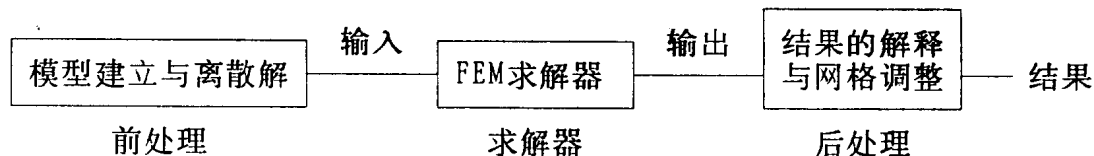


图1 有限元数值模拟过程

有限元理论发展至今已相当完善，但有限元理论用于具体的材料研究和工程分析过程，还有许多问题有待解决。

(1) 有限元数值模拟技术的前沿问题

就金属塑性成形问题而言，有限元方法大致分为两大类即：固体型塑性有限元，包括弹塑性，弹粘塑性有限元；和流动型塑性有限元，包括刚塑性，刚粘塑性有限元。前者主要用于板料成形过程，如拉延、弯曲等工艺。后者主要用于体积成型过程的分析，如锻造、挤压、轧制等工艺。目前，有限元数值模拟技术的研究从内容和方法上正朝着多学科交叉结合，宏微观结合、分析手段的综合运用以及自动化通用化方向发展^[6~10]。

(2) 有限元在金属塑性成形过程中需完善的关键技术

· 模具与变形金属的自动识别技术

金属塑性成形过程从某种意义上讲，是变形材料与模具边界不断发生识别的过程。它包括：①模具构形的计算机自动描述与数据结构的建立；②变形材料边界的触模算法与准则及计算机自动修正算法的建立；③变形材料边界的脱模算法与准则的建立。

· 摩擦边界条件的处理技术

金属塑性成形过程的摩擦问题是一个相当复杂的问题。就目前的研究手段和测试技术，还无法完全揭示塑性成形过程的摩擦机理，用数值模拟系统的摩擦模型仅仅是从数学处理上的一些研究和抽象^[12, 13]，仍是一个需要探索的研究方向。

· 收敛问题的处理

数值分析的收敛性问题，是数值计算的一个难点。收敛性问题的解决主要从两个方面入手，即：①优选初始速度场；②衰减系数的确定。这方面的工作以前主要是经验半经验的工作，现在已开始利用神经网络技术来处理这一多参数影响问题。

· 畸变网络系统的再划分技术

金属塑性成形过程材料的变形剧烈，在成形的中间过程需要进行畸变网格的再划分。网格再划分的技术包括：①畸变网格的测试；②新网格系统的自动生成；③新旧网格系统的包含测试；④新旧网格系统的信息传递。其中，新网格系统的自动生成技术是整个网格再划分技术的核心和关键^[11, 14, 15]。

(3) 系统中图形、数据库与分析软件的一体化

· 图形与分析软件的一体化

直接从图形生成有限元网格，进行两者完全的“一体化”。我们认为通过如下两个途径解决问题较为实用：

其一是，把有限元分析的前后处理，建立在标准图形支撑系统上，利用CAD系统中的图形功能与设备，构造有限元分析模型，进行网格剖分、载荷、约束条件的给定及各种图表的显示，这是一种较为实用的方法，也是当前有限元前处理发展的必然趋势。

其二是，利用CAD系统所设计的图形的关键参数，构造有限元分析模型。

· 数据库与分析软件的一体化

数据管理软件往往选用商品化的DBMS。这样不仅会涉及知识产权问题，增加开发成本，不利于今后推广，而且我所使用的仅仅是DBMS的局部功能，其他功能基本用不上，因而用通用的DBMS系统是一种浪费。我们认为利用数据库的基本知识自行建立一套小而精的专用DBMS是恰当的。

2.2.3 CAM系统

随着计算机的普及应用，现已出现各种控制设备和加工中心，如FANUC、Siemens等各种数控设备，也出现了一些与之配套的专用语言，如XY、APT等专用编程语言。目前数控设备使用的基本状态是：通过编程器（或微机编程再转换）编制各种控制程序，用各种指令完成换刀、定位、进刀、切削、退刀、跳台等加工过程控制。由于编程速度、质量及工作量所限，这种使用方式对实现复杂曲面的连续加工及模具制造有相当困难，很难发挥设备的能力及潜力。

数控设备价值一般均较昂贵，如何发挥它们的能力，产生出较高的经济效益，在已有相应设备的前提下，关键问题是提高编程的速度及准确度，缩短加工的前期准备时间，增大设备的负荷量。据统计，我国数据设备的使用率平均不超过50%，这是一个很大的浪费。从另一方面讲，对于较复杂的零件，用手工编程就十分困难，有时准备时间多达几个月，而这种加工设备却十分贵重。此外，从长远来看，数控设备应该是生产线或柔性加工系统的组成设备，它的使用及编程应由其上一级计算机系统完成。

我国某些单位已迫切需要这种设计-制造一体化软件系统，并已研制了某些专用软件，准备开发较通用的系统。由于国内商品化软件尚满足不了要求，很多单位使用国外的CAD/CAM/CAE系统。

国外的CAD/CAM/CAE一体化制造，法国的Cisigraph STRIM100，以色列的Cimatron'90等。各种软件各有其长处和短处。没有任何软件可以直接用于设

计、研究与生产,使用者必须结合自身的领域要求,组织二次开发。在材料科学与工程领域也是如此。因此,在软硬件的选择上是一件很重要的工作,必须根据自身需要以及开放性好、易于进行二次开发、性能价格比又较适宜等原则来进行选择。从长远讲,自行开发商品化程度较高,适合我国国情的专用和通用CAD/CAM/CAE一体化系统,是解决国内需求的根本出路。

2.3 CAD/CAM/CAE展望

CAD/CAM/CAE技术的未来发展将集中在如下几个方面:

(1)“七五”计划期间已经形成了一系列的商品化CAD/CAM支撑系统。完善这些系统,扩展其能力和改善其商品化程度,对材料工业CAD/CAM的推广会有很大的促进作用。

(2)CAD技术将会从辅助(Aided)向自动(Automatic)方向发展,最终过渡到设计自动化,如三视图重建三维形体的实用技术将会有一定的突破。

(3)面向目标的设计方法、开放的系统结构、高度的集成化、良好的联网能力和软件工程的广泛使用将会使为不同问题而开发的软件自如地装配组合起来,全面解决设计中的各种问题,实现资源的共享和信息的集成。

(4)人工智能技术将引入CAD/CAM/CAE系统,使其具有专家的经验 and 知识,具有学习推理、联想和判断的能力。同时应用智能化的视觉、听觉和语言等多媒体的处理能力,减少CAD/CAM系统对算法和人机交互的依赖^[16]。

(5)CAD/CAM/CAE系统将成为CIMS系统的一个重要组成部分,为企业的决策提供强有力的支持。

3. 模具CAD/CAM/CAE系统的应用实例与实效^[17,18]

3.1 国内部分

(1)‘S-MOULD’注塑模软件系统

S-MOULD是上海模具技术研究所在HP9000系列工作站上自行开发的注塑模CAD/CAM/CAE系统。

所开发的图形系统包括实体造型(图2)和曲面造型(图3)系统。

在自行开发的图形系统的基础上,还开发了半自动、全自动的网络生成系统,小型、中型注射模工程数据库以及生成加工轨迹的CAM软件系统。更进一

步，S-MOULD系统中还包含注塑模的数值模拟系统，应用这个系统，可以进行注塑模的流动分析和冷却分析（图4、图5）

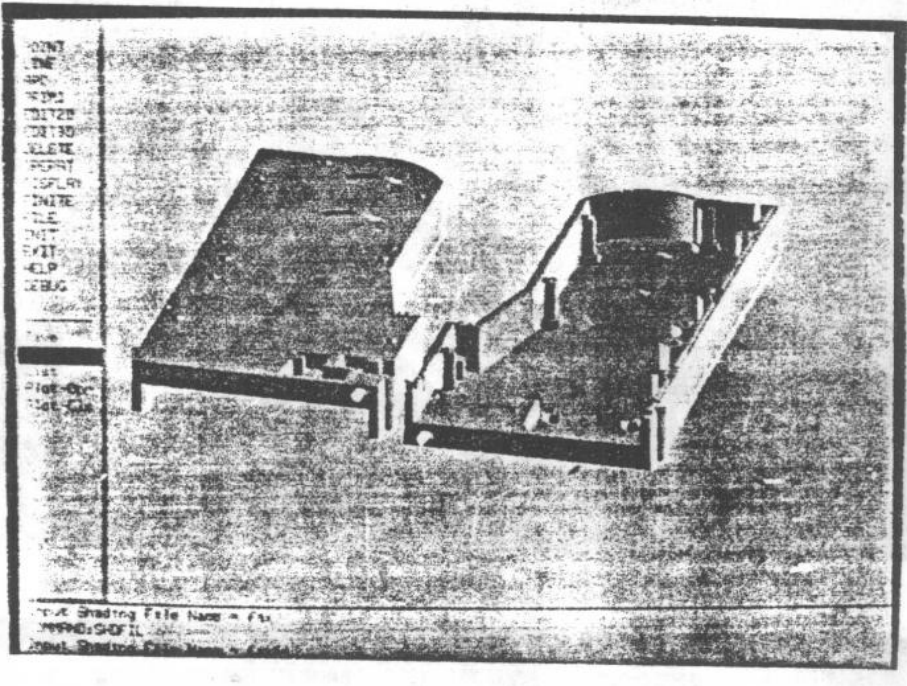


图2 仪表盒的实体造型

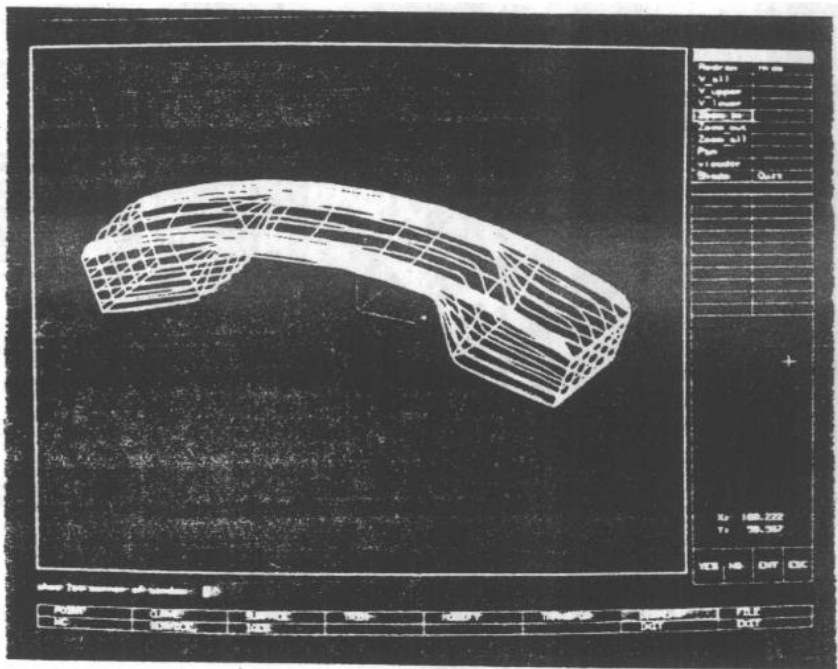


图3 电话听筒的曲面造型

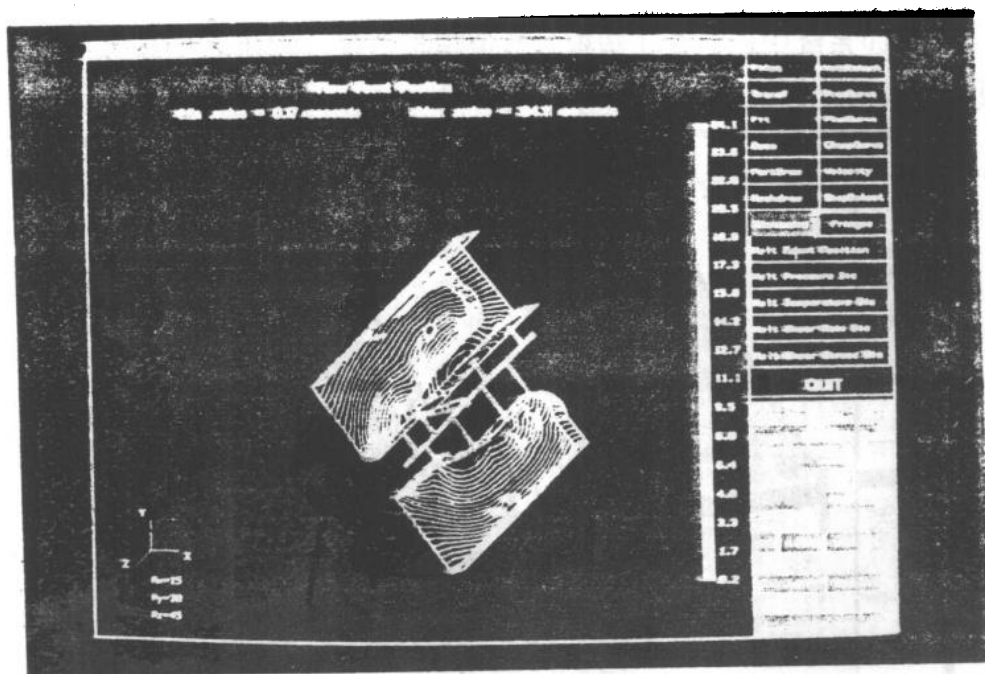


图4 注塑模流动分析(用于上海仪表厂)

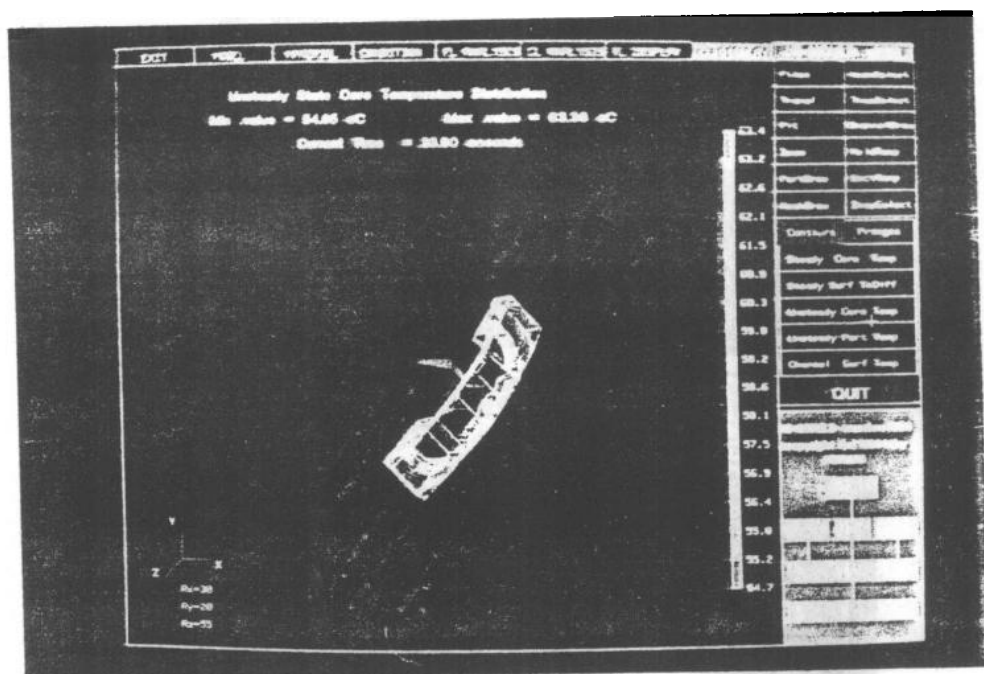


图5 注塑模温度场分析(用于上海电话机厂)

(2) ‘微机冲裁模CAD/CAM’系统

该系统开发于1988年,运行于PC286、386、486微机上,其2D图形系统也是由上海模具所自行开发的,与AUTO CAD相比,该软件在模具设计方面更为有