



南京航空航天大学
第四届研究生学术会议

论文集

上册

主办 南京航空航天大学研究生院
南京航空航天大学校团委
南京航空航天大学研究生会

二〇〇二年十月·江苏南京

南京航空航天大学
第四届研究生学术会议

论文集

上册

主办

南京航空航天大学研究生院
南京航空航天大学校团委
南京航空航天大学研究生会

二〇〇二年十月·江苏南京



30896873

智因万物惟创造
道济天下展经纬

谭振亚

二〇〇二、六

博學慎思
求真務實

胡海岩

二零零二年六月

序

在人类步入 21 世纪的时候,我们迎来了知识经济的大潮。世界各国纷纷采取有力的对策,迎接知识经济时代的挑战。党中央、国务院也相继出台一些重大举措,决心切实将“科教兴国”落到实处。江总书记多次谈到知识经济,反复强调“创新”的重要,他指出:“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。”

新时代的大学教育要勇敢担负起培养创新人才和参与知识创新的重任,主动迎接知识经济的挑战,在教育的各个领域进行全面的创新。作为全国知名、国家“211”工程重点建设学校,南航也已进入一个全新的发展时期。为弘扬本届会议主题“崇尚科学,追求真知,勇于创新,迎接挑战”,第四届研究生学术会议在成功举办三届的基础上如期的召开了。

研究生是未来社会发展的生力军,是祖国和民族的希望。衷心希望我校广大研究生立足现实、勤奋学习,做信息时代的主人,成为敢于创新,善于创新的一带新人!努力把我校建设成为国内一流、有广泛国际影响的多科性、研究型大学。



二〇〇二年九月

前 言

经过数月的组织、筹划，南京航空航天大学第四届研究生学术会议终于拉开了帷幕。作为南航五十周年校庆的献礼，本届研究生学术会议的主题为“崇尚科学、追求真知、勇于创新、迎接挑战”。

江总书记在九届人大一次会议上指出“到建国一百周年时，中华民族将实现伟大的复兴，实现这个复兴，要靠科学技术的创新，靠全民族的创新意识和创新精神。归根到底还要靠具备创新精神和创造能力的人才。”研究生教育担负培养创新人才的重任，这次学术会议为创新的脱颖而出提供了舞台，对研究生教育模式的改进起了积极的作用。

本次学术会议从三月份开始筹备，会议得到了学校及研究生院有关领导的高度重视，以及全校广大博士、硕士研究生的广泛参与和大力支持。本次学术会议共征集稿件 280 余篇，与往届相比，稿件在质量上、数量上都上了一个新的台阶，充分显示了研究生素质和科研能力的提高。这次学术会议的成果汇编成了这本学术论文集。论文作者以自己的观察和思考，对当前学术的前沿问题进行了深入浅出的分析、探讨，有的提出了自己的新观点，有的提出了对一些学术问题的对策和建议，有较高的学术价值。当然，由于作者的水平有限，文章中的有些观点还有待探讨，欢迎大家批评指正。

南京航空航天大学研究生会

二 00 二年十月

南京航空航天大学第四届研究生学术会议

论文评审专家组

(排名不分先后)

干敏梁	于盛林	王友仁	王惠南	王从庆
王开武	王同光	左洪福	万晓东	朱如鹏
毛宇光	朱金福	伍铁军	付铅生	叶文华
叶 明	刘 苏	刘 方	刘益平	刘长毅
明 晓	汪 炜	汪叔华	周来水	周燕飞
周翟和	周根然	周洁敏	周春华	周 波
张丽艳	张乐年	张石林	张坤元	张天宏
张育平	张靖周	李 俊	李秀娟	陈 伟
陈富林	陈 欣	陈则王	陈红全	陈蔚芳
潘 军	潘银良	杨 明	杨一栋	黄圣国
黄卫清	黄志球	黄金全	黄一敏	吴晓琳
吴庆宪	宋迎东	宋茂忠	胡明华	胡寿松
沈宏良	沈春林	郑世杰	孙克豪	纪国宜
高 霖	赵东标	赵 敏	倪 勤	姜长生
龚华军	龚春英	徐大专	徐 强	徐 涛
游有鹏	夏洪山	蔡启明	翟建军	黎向锋
耿显民	曹锟生	范胜林	经亚枝	臧春华
施玉霞	顾宝根	戴 勇	戴 华	

南京航空航天大学第四届研究生学术会议论文集

目 录

粘弹阻尼器的动力学特性分析·····	于佰明(1)
面向对象技术与科学计算·····	邱卫国(5)
战斗机滚转姿态快速性的研究·····	程才凤(9)
微型飞行器中的二元翼型低 Re 数特性研·····	盛英华(13)
单定子三自由度超声电机位置控制的研究·····	展凤江(18)
机身可压缩边界层及其控制研究·····	朱国祥(22)
*弯曲行波杆状超声电机定子和转子的优化设计·····	董迎晖(27)
无线红外智能遥控器的设计·····	严后选(31)
PDE(脉冲爆震发动机)气动阀阻力特性研究·····	王 波(34)
航空发动机模型参考自适应控制综述·····	潘慕绚(38)
单杆柔性机械臂动力学建模·····	黄季妮(42)
主动磁轴承的建模及 PID 控制仿真研究·····	张 峻(46)
模糊 PID 控制在航空发动机多变量控制中的应用·····	董 劲(50)
*发动机建模中部件特性数据处理方法研究·····	王信德(54)
面向对象的建模技术在液压控制系统中的应用·····	巢益强(57)
一种弹用 S 弯进气道的设计·····	万大为(60)
参数化有限元结构仿真及算例分析·····	何 飞(64)
*波纹管膨胀节振动特性的计算研究·····	吴宏煜(68)
新一代武装直升机红外抑制系统特征分析·····	单 勇(72)
基于软计算的结构优化设计·····	王李宁(76)
形状记忆合金在形状变化自适应结构中应用·····	张亚欧(80)
压电材料在自适应复合材料板壳结构种的研究进展·····	徐红钦(85)
某型涡轴发动机试车台振动特性测试分析·····	胡 绚(90)
某发动机燃烧室外套危险安装座应力、应变分析·····	王立心(94)
基于虚拟仪器技术的传感器信号测量与报警系统·····	龚海燕(99)
自适应卡尔曼滤波在 GPS/INS 组合导航中的应用·····	王向民(102)
VC 和 MATLAB 在模糊控制器模拟软件的设计中的应用·····	张晓明(106)
基于神经网络的补偿控制在机器人控制中的应·····	康迎梅(109)
基于 DirectX8.1 的现代空战实时三维动画仿真研究·····	丁 睿(113)
基于 CAN 总线自动控制实验平台的实现·····	齐水(118)
多机协同多目标空战战术决策的研究与仿真·····	李伟浩(121)
基于小波变换的图象边缘检测方法·····	周新丰(125)
VC++ ADO 数据库编程结合 Authorware 实现数据动态演示——在 authorware 中调用 VC 创建的·····	於文英(128)
Oracle 数据库应用中高可用性的探讨·····	王芳(132)
*一种新型双凸极起动发电系统电压调节器的设计·····	张卓然(135)
单天线 GPS 姿态确定系统的实现·····	王兴虎(139)
影响地形轮廓匹配算法效果的因素及措施·····	矫永泉(143)
*一种基于 SSDA 算法的快速景象匹配方法·····	李鹏(147)

基于网络的智能飞机自修复仿真平台研究.....	叶飞(151)
数据库技术在飞机电源系统故障中的应用.....	王景春(155)
新一代嵌入式工控机 PC104 及用 VB 实现 PC 与 PC104 串.....	赵世栋(158)
FLEX10K 系列芯片的混合配置电路.....	谢莉丽(162)
基于 MCORE 的中断机制及运用.....	向友斌(165)
驾驶杆控制的直升机模拟飞行系统开发.....	熊鑫(169)
USB 接口通讯系统应用开发.....	刘新峰(173)
基于 PLD 技术的 ARINC429 总线接口设计.....	徐捷(177)
使用 Authorware 进行多媒体 CAI 编程的几个技巧.....	谢捷如(180)
*基于神经网络的故障诊断专家系统的设计与实现.....	杨 新(184)
*一种模糊概化方法.....	张志政(188)
*合成孔径聚焦超声成像时域相关处理研究	方舟正(191)
在 CORBA 体系结构中实现 JDBC API 接口.....	蔡 苗(195)
CORBA 构件模型技术	席晓强(199)
用 VC++ 6.0 开发水文数据库应用程序	陈普然(203)
医疗保险管理信息系统的开发	孙为军(208)
workflow 管理技术综述	邹 宇(212)
WinPcap 开发指南	李 刚(216)
模糊数据库的研究和进展	杨 磊(219)
一种新的具有不容否认性的通讯协议	甘锦华(223)
XML 语言及相关技术综述	陈佩文(226)
基于 Windows 平台的监控系统开发.....	李 骐(230)
数据仓库中维度的处理.....	孙炳彤(233)
Delphi 动态报表的设计实现	高晓超(237)
缓冲区溢出攻击原理和防御.....	胡新年(240)
使用 LDAP 机制实现访问构件的权限控制	程 超(244)
TCP 协议的安全问题.....	余玉棠(248)
一种基于 web 的分布式应用程序框架的构建技术.....	赵燕飞(251)
基于遥控数据的微型飞行器控制方案.....	游 学(255)
某弹体的弹道纵向控制.....	孙春贞(258)
输出反馈二次型算法在飞行控制律中的应用.....	冯 昊(262)
DSA 系统中 Tp700 掌上电脑应用软件的开发.....	王 柯(265)
微型飞行器测控系统方案设计与研究.....	韩 煜(269)
基于 JBits API 的硬件外部演化技术研究.....	徐 阳(273)
基于构件技术的软件复用.....	邱模波(277)
*基于 CCM 的软件体系结构模型技术	徐 佳(282)
基于 USB 接口的 MIDI 键盘设计	胡建明(286)
浅谈主动数据库的技术研究.....	朱松豪(290)
某型无人直升机飞行控制系统仿真研究.....	陈巍(294)
大气数据模拟器设计.....	沈宇恺(299)
无人机飞控系统集成开发平台研究.....	张民(302)
图象处理中的边缘检测技术	夏思宇(306)
Internet 上的三维互动技术	张劲(310)
动态逆在直升机飞行控制系统中的应用.....	冯斌(314)

多参数中央护系统的串口实时通讯·····	李文龙(317)
薄壁结构的高铣削加工·····	赵威(321)
PIC16I73 与液晶显示器接口设计 ·····	曲扬铭(325)
机械加工表面形貌三维表征参数的研究·····	扬凯(328)
双轴柔性滚弯的计算机仿真·····	张孟月(332)
基于 VB6.0 的称重仪表与计算机的数据通讯·····	王寿山(336)
数控加工中的工艺路线分析·····	赵亚波(340)
TC4 的铣削加工中铣削和刀具磨损研究·····	苒浩(344)
CVD 金刚石膜的抛光技术·····	彭文武(348)
氮气介质下钛合金铣削特性的分析研究·····	舒彪(352)
面向制造系统的分布式仿真平台研究·····	扬军(356)
面向制造系统的组态软件画面生成模块的开发·····	张艳彬(361)
基于 CRM 和 Internet 的教学系统 ·····	马宇锋(366)
备件管理决策支持系统的研究和开发·····	姜志刚(370)
基于 Web 的虚拟加工技术的研究及实现·····	姜永湖(374)
DNC 数据采集系统的研究与开发·····	武国峰(377)
基于单摄像机的计算机视觉三维图象重建·····	段华(381)
分布式对象技术在企业信息化中的应用·····	石磊(385)
基于 OPC 和嵌入式 Internet 的远程监控系统研究·····	王毅栋(388)
基于多代理的敏捷供应链技术研究·····	闫凯果(392)
基因芯片合成仪中数控系统的研制与开发·····	孙卫祥(396)
可重构制造系统控制系统中模块间的通讯·····	丁相荣(400)
基于实体布尔运算的数控车削仿真固定循环 G 代码研究与开发·····	戴宁(404)
基于 COM 的 CAD/CAT 系统集成研究·····	欧志球(407)
基于 Web 的工作流系统应用·····	钱锐(411)
*用双向像素对方法实现直线反走样 ·····	王立冬(415)
基于特征的工艺生成方法的研究·····	张永康(418)
基于 Web 的领导决策支持系统的研究与实现·····	朱丹(422)

注：标有“*”的是优秀论文。

粘弹阻尼器的动力学特性分析

于佰明

(南京航空航天大学 航空宇航学院 南京 210016)

摘要 本文用滞弹性位移场模型(ADF模型)讨论了粘弹性材料非线性动力学特性。ADF模型是基于不可逆热力学原理的有限元模型,可以精确地研究频率、应力幅值等环境因素对粘弹性材料动力学特性的影响;同时用ADF模型推导的有限元动力学方程,可以方便地计算粘弹阻尼器在冲击载荷和非简谐载荷下的响应。因此,该模型为进一步定量研究粘弹性阻尼器对直升机旋翼气弹稳定性的影响奠定了基础。

关键词: 粘弹阻尼器 ADF模型 动力学特性

中图分类号: v250.3

引言

直升机是利用旋翼来提供升力、推进力和进行操纵的飞行器,与靠平飞速度来维持飞行的固定翼飞机相比,更容易发生气弹/机械耦合的动不稳定问题,如挥舞颤振、“空中共振”、“地面共振”等,这些现象都是由旋翼摆振模态与机身或旋翼其他自由度上的运动模态相互耦合、相互激励产生的。为了保证直升机的稳定性,有必要增加旋翼摆振方向的阻尼。

早期在铰接式旋翼上安装机械或液压阻尼装置,是为了防止直升机发生“地面共振”现象。旋翼在旋转平面内摆动,带动阻尼器运动,通过机械部件间的干摩擦或粘性液体耗散机械能,从而保证了系统的稳定性。但机械阻尼器和液压阻尼器具有结构过于复杂、动部件较多等缺陷,已不再适用于现代的旋翼系统。随着直升机技术的发展与新工艺、新材料的广泛应用,20世纪70年代出现了第三代代表直升机旋翼三大先进技术之一的粘弹阻尼器,并进入了工程应用阶段,例如RAH-66 Comache、AH-64 Apache、Bell-680、CH-47F等直升机的旋翼系统都装有粘弹阻尼器。

国外的研究资料^[1,2,3]表明:材料的力学非线性特性对粘弹阻尼器的性能影响很大。为了描述粘弹性材料的非线性力学特性,Smith,E.C、Felker,F.F、Brackbill,C.R等人建立了多种分析模型。在这些模型中,一维滞弹性位移场模型(即ADF模型),是目前在这一应用领域较为理想的力学模型,广泛地应用在各种类型旋翼

的气弹分析中。

1、粘弹阻尼器的数学模型

广义ADF(Anelastic Displacement Fields)材料模型理论基于以下两点假设:

(1)、模型位移场是由弹性位移场和滞弹性位移场叠加而得;

(2)、滞弹性位移场是连续的。

由此,可以写出材料的本构关系:

$$\sigma = G_u(\varepsilon - \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^A) \quad (1)$$

$$\sigma^A = \frac{c_i G_u}{\Omega_i} \dot{\varepsilon}^A = G_u(\varepsilon - c_i \varepsilon_i^A) \quad (2)$$

其中 N 是滞弹性场的个数, Ω_i 是滞弹性场的松弛时间, G_u 是材料的剪切模量, c_i 是第 i 滞弹性场与弹性场间耦合系数。

当 $N=1$ 时,广义ADF模型即蜕化为三元件固体标准模型,即本文的基础模型。其线性本构关系可由式(1)和(2)改写成:

$$\sigma = G_u(\varepsilon - \varepsilon^A) \quad (3)$$

$$\sigma^A = \frac{c G_u}{\Omega} \dot{\varepsilon}^A = G_u(\varepsilon - c \varepsilon^A) \quad (4)$$

本文所采用的模型是在基础模型上发展而来的,其弹性元件和Kelvin模块都具有非线性

收稿日期: 2002-04-24

作者简介: 于佰明 男 民族: 汉 1975年10月出生 2000级硕士

力学特性, 表现在参数为:

$$K_u = f(\varepsilon, \varepsilon^A)$$

$$K_a = g(\varepsilon, \varepsilon^A)$$

$$d = h(\varepsilon, \varepsilon^A)$$

同时, 式 (3) 和 (4) 应改写成:

$$\sigma = K_u(\varepsilon - \varepsilon^A) \quad (5)$$

$$\sigma^A = K_u \varepsilon - (K_u + K_a) \varepsilon^A \quad (6)$$

上面的模型保留了基础模型低应变幅值的线性特征, 系数 K_u 、 K_a 和 d 中常数项相当于基础模型中的 G_u 、 c 和 Ω 。模型中的系数可以通过实验数据参数识别得到。本文的数据来自参考资料 [1]。

2、模型的动力学特性

高分子粘弹性材料所表现的动力学特性往往因工作环境的不同而有较大的差异, 尤其受频率、应变幅值、温度及预拉伸量的影响显著。针对直升机阻尼器的工作环境, 本文主要讨论 ADF 模型的动力学特性受频率、幅值和预拉伸量的影响。

2.1 应力/应变迟滞回线

粘弹性材料同时具有弹性固体和粘性流体的力学特性, 在交变载荷作用下, 其应力/应变曲线也与弹性固体的不同。对于弹性固体施加交变应力之后, 其内部的应力和应变几乎同时增加或减少, 也就是说两者的相位相同或相近, 应力和应变曲线为一条直线。而粘弹性材料的应变滞后于应力, 相位差为 α 角度, 其应力/应变曲线为迟滞回线, 如图 (1)。

从图中也可以看出, 在应变幅值较小 (如 $Am=10\%$ 、 $Am=40\%$) 时, 材料的应变/应力曲线呈椭圆状, 应力随着应变线性变化; 在应变幅值较大 (如 $Am=90\%$) 时, 迟滞回线呈非规则椭圆状, 应力、应变表现出非线性关系。

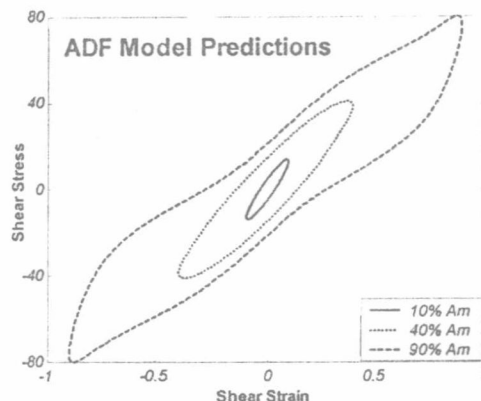


图 1: 10%、40%、90%幅值的迟滞回线

2.2 频率特性

2.2.1 单频特性

粘弹阻尼器不同于液压阻尼器, 在增加旋翼桨叶摆振方向的阻尼的同时, 还提供该方向上的刚度, 影响着桨叶摆振一阶固有模态。由于粘弹性材料的复模量与应变幅值、频率等因素有关, 粘弹阻尼器提供的阻尼和刚度受到旋翼桨叶摆振运动的情况影响。在这种相互耦合的运动中, 阻尼器的工作频率特性对其性能具有较大的影响。

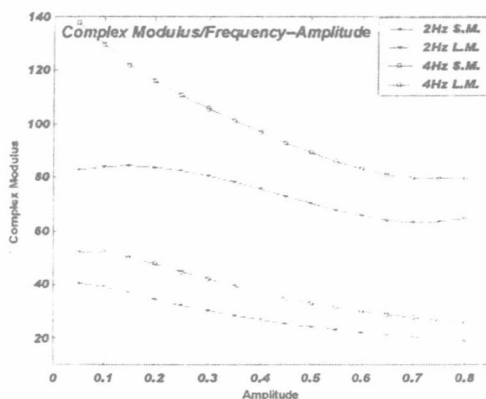


图 2: 单频 2Hz 和 4Hz 的复模量

图 2 所示 ADF 模型的复模量随频率 (2Hz 和 4Hz) 在应变幅值 5%~80% 间的变化曲线。从中可以看出粘弹性阻尼材料的复模量随频率变化趋势: 在恒定温度的情况下, 其储能模量和耗能模量总是随着工作频率的升高而增加, 尤其是在低应变幅值时, 储能模量的这种变化趋势更为明显。

2.2.2 双频特性

从阻尼减振技术角度看,直升机粘弹阻尼器在最佳谐振频率(即阻尼器的设计频率)时的减振效果最好,但在直升机前飞过程中,旋翼桨叶摆振一阶固有频率(ν_ζ)和旋翼转速(Ω)并不相等。这时,粘弹阻尼器的实际工况为双频简谐激励,其特性也与单频特性不同,图3和图4分别是ADF模型在双频2Hz、4Hz时的应变/应力滞迟回线、复模量曲线。

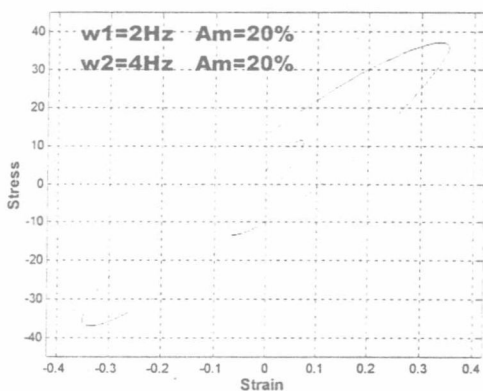


图3: 双频 2Hz 和 4Hz 的滞迟回线

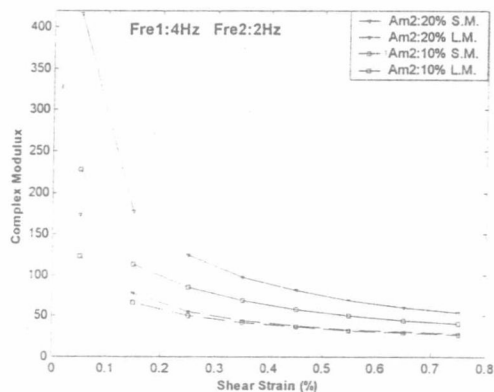


图4: 双频 2Hz 和 4Hz 的复模量

2.3 预拉伸量的影响

粘弹性材料动力学特性除了受频率、幅值影响外,受预拉伸量的影响也较大。如图5所示,在预拉伸量较小时,应变/应力的相位差是准定值,表现在滞迟曲线为准椭圆形状。当预拉伸量超过一定值时就可以改变材料的阻尼性能,其应变/应力滞迟曲线的形状发生明显的改变。

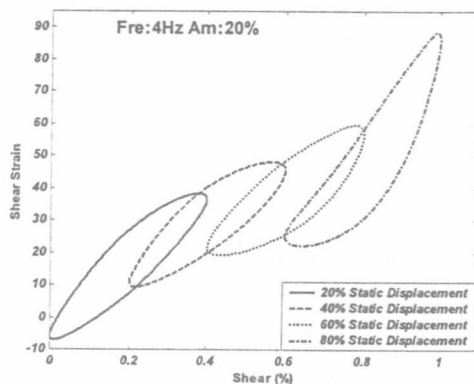


图5: 单频 2Hz 20%40%60%80%预拉伸量滞迟曲线

3. 结论

非线性ADF模型可以较精确地描述粘弹性材料在时域、频域的动力学特性,为进一步讨论直升机粘弹阻尼器的性能和带阻尼器的旋翼气弹分析奠定了基础。

参考文献:

1. Smith, E.C., Beale, M., Lesieutre, G.A. et al, "Formulation, Validation, and Application of a Finite Element Model for Elastomeric Lag Dampers", Journal of the AHS, vol.41,(3), July 1996 p247-256
2. Felker, F.F., Lau, B.H., Johnson, W., et al, "Nonlinear Behavior of an Elastomeric Lag Dampers Undergoing Dual Frequency Motion and

- its Effect on Rotor Dynamics", Journal of the AHS, vol.32,(4), Oct. 1987 p45-53
3. Brackbill, C.R, "Helicopter Rotor Aeroelastic Analysis Using a Refined Elastomeric Damp-er Model" Ph.D. Dissertation, The Pennsylvania State University, Department of Aerospace Engineering, Dec. 2000
4. Johnson, W., "Helicopter Theory", Princeton

- New Jersey, Princeton University Press, 1980
5. 蔡 峨,《粘弹性力学基础》,北京航空航天大学出版社,1989
6. 杨挺青,《粘弹性力学》,华中理工大学出版社,1990

Analyzing the Dynamic Behavior of Elastomeric Lag Dampers

Yu Baiming

(College of Aerospace Engineering, Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Nanjing 210016)

Abstract In the paper, the ADF(Anelastic Displacement Field) model is introduced to model the dynamic behavior of nonlinear viscoelastic material. The model is a time-domain finite element model, and physically founded on the principles of irreversible thermodynamics, so it has potential to accurately capture the viscoelastic behavior with respect to the amplitude and frequency of motion. At the same time, the ADF modeling methodology results in time-domain equations, which are easy to predict the response of transient loads and non-harmonic inputs. Thus, this work provides a framework for further research on the effects on rotor performance and stability.

Key words: elastomeric dampers model dynamic behavior

面向对象技术与科学计算

——在 VC++ 中调用 IMSL 数学函数库

邱卫国

(南京航空航天大学 航空宇航学院 南京 210016)

摘 要 本文通过对混合编程技术进行剖析,详细论述了在 VC++ 中调用 IMSL 数学函数库的各种方法,通过细致研究和实践,总结出程序设计一些实用的方法,对从事数值计算的工程技术人员来讲,是一个有用的参考。

关键字 科学计算,混合编程,IMSL 库,DLL 调用

引言*

C++ 是新一代的以面向对象 (OOP) 为根本的高级程序设计语言, C++ 与其先一代的结构化程序设计语言相比,主要有如下优点: 它的面向对象的概念更符合程序员开发软件的思维习惯; 它的类封装性和模块化的构造便于软件的移植和维护; 使用 C++ 开发, 有助于提高软件工程的质量, C++ 在这几点中体现出来的优势是毋庸置疑的。VC++ 是美国微软公司利用 C++ 的底层机理开发的新一代编译器, 与其它一些 C++ 编译器相同, 都是以 C++ 语言为编译对象, 但在编译速度和代码优化方面, VC++ 无疑是同类产品的典范。并且绝大多数的第三方软件开发包都提供了对 VC++ 的接口, 这是 VC++ 超过其他一些 C++ 编译器的主要原因。对于理工科研究生和一些偏重于数值计算的工程技术人员, 为了能够较好的在短期之内完成一个兼具友善界面和稳定的计算内核的程序, 利用软件接口技术, 借助于第三方的数学函数库是一个不错的想法。

Fortran 是最早出现的高级程序设计语言, 是 Formula Translation 的简写, 即公式翻译的意思, 它作为一种为科学计算设计的语言标准发展到现在已经历了约半个世纪, 在 Fortran 的发展历程中, 各个行业的工程师、科学家编写了大量经典、高效的算法, 形成了各自的函数和子程序, 在近版的 Fortran 中已经集成为独立的数学函数库 IMSL (Integrated Mathematics and Statics Library) 和扩展的数学函数库 XMSL。这两个函数库里几乎包括了数学与统计方面的所有成熟算法的实现, 如: 线性方程组求解, 回归分析等等。从事软件开发

的技术人员可以借助于现有软件技术, 从其他编程语言调用 IMSL 数学库。

1 混合编程技术

混合语言编程是一种创建应用程序的方法, 在这种程序里, 源代码用两种或多种计算机语言书写。使用混合语言编程的好处在引言中已有论述, 即可以提高软件开发效率、确保算法稳定程度和借助于语言优势, 开发出代码优化和处理速度俱佳的程序。

要想正确创建混合语言程序, 必须建立统一的调用规则, 这些规则是为了能够正确使用堆栈和在不同程序语言之间进行参数传递。调用规则包括: 堆栈的考虑, 命名的约定和参数传递协议。对于堆栈处理, 程序员本身不必考虑, 因为编译器已经在后台为我们做好了这一步的工作; 对于命名的约定, C/C++ 语言是大小写字母敏感的, 因此在 VC 中调用其它语言编写的过程必须注意名称的大小写, 默认情况下, Fortran 程序经过编译后的函数名都决议 (resolve) 成大写的, 因此在 VC 中声明外部调用函数时必须注意, 否则在链接时报错; 参数传递方式有两种, 即通过值传递和通过引用传递, 传递参数的方式依赖于调用规则, 默认情况下, Fortran 的所有数据都是通过引用传递, 例如在 VC 中调用 IMSL 数学函数库中求立方根的函数 CBRT, 必须先声明浮点型变量 farg 作为参数, 才能正常调用 CBRT (&farg), 否则出错。

2 VC++ 与 FORTRAN 的混合编程

目前 VC++ 和 VF 都是基于 WINDOWS 的 IDE 开发环境, 并且在安装相同版本的 Fortran 时会自动集成到 VS 的开发环境。我们在 VC++ 中调用 Fortran 模块时, 可以使用三种不同的方法。

*Email: cadinfo@263.net

2.1 同一工程下包含不同语言的文件

集成后的编译器可以根据不同的扩展名选择编译方式,生成目标代码文件.OBJ,然后按照指定的调用方式进行链接,生成可执行文件.EXE。

在 2 中我们提到调用规则,在 C 语言中调用 Fortran 的函数或模块,必须在函数名前面冠以 `_stdcall` 关键字作为调用方式^①,这样编译器会给我们处理包括参数传递顺序、参数传递方式、堆栈处理和命名修饰等问题。而在 C++语言中,尽管在开发 C++语言时考虑兼容 C 方式,即 C++对函数的调用规则与 C 是一致的,但是 C++在命名转换上与 C 语言是不一致的。参考以下对外部函数的声明:

1 C 语言调用 Fortran 模块的声明:

```
extern void _stdcall SUBROUTINE (argList...);
```

```
extern float _stdcall FUNCTION (argList...);
```

2 C++语言调用 Fortran 模块的声明:

```
extern "C" { void _stdcall SUBROUTINE (argList...); }
```

```
extern "C" { float _stdcall FUNCTION (argList...); }
```

外部函数声明仅仅给调用过程提供函数的入口地置,目的是为了保证编译通过。

在链接生成可执行文件时,主调用过程根据函数名链接被调用模块,找到模块则可链接成功,有了调用规则和命名规则的修饰字进行转换,才能保证运行正常。

2.2 调用 Fortran 语言生成的 DLL 模块

如果为了调用在 Fortran 中已有的模块或者为了提高处理速度,可以考虑将已有程序或者算法用 Fortran 语言做成 DLL 的模块,便于移植和修改,这样即使原 DLL 模块中的算法做过修改,只要保证函数或子例行程序名字和入口参数不变,主调用过程无须进行重新修改或者编译。DLL 文件的好处很多,感兴趣的读者可以参考相关计算机书籍。

Fortran 程序制作 DLL 模块的过程如下:

首先利用向导制作一个空的 Visual Fortran DLL 项目,在生成的文件中可以看到用 `cDEC $ ATTRIBUTES DLLEXPORT` 指令声明的函数,这个函数即为该 DLL 的输出函数,用户可以在外部程序中调用它来完成一定的功能。可以在一个 DLL 文件中添加若干 `cDEC $ ATTRIBUTES`

`DLLEXPORT` 指令声明多个函数、过程或要输出的数据。例如,

```
!在 DLL 中声明输出函数 FACT
INTEGER*4 FUNCTION FACT (N)
!DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT::FACT
INTEGER*4 N
.....
END FUNCTION FACT
!在 DLL 中声明子例行程序 ARRAYTEST
SUBROUTINE ARRAYTEST (ARR)
!DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT:: ARRAY
REAL*4 ARR (3,7)
.....
END SUBROUTINE ARRAYTEST
```

2.3 VC 中调用 IMSL 数学库函数

这是混合编程比较实用的部分,笔者在使用过程中发现运用上面的改变调用规则和命名转换方法仍然无法在 VC 中直接调用 VF 的数学库,编译报错为: `unresolved external call`,即无法决议的外部调用。即使使用 VC 的编译指令 `#pragma comment (lib, "***.lib")` 加入调用 IMSL 所需的三个 lib 文件,仍然存在未解决的外部调用错误,原因是内部调用过程不可知。

研究 Compaq Visual Fortran 的在线帮助可以发现,在 Fortran 程序中,要使用 IMSL 库,也需加入编译指令 `USE NUMERICAL_LIBRARIES` 来隐含包含调用到的头文件和库,这样就可以直接使用 IMSL 数学库中的函数。基于以上分析,我们可以定制 DLL,将要用到的数学函数打包到自己的 DLL 模块中,然后在 VC 中使用,参考下面的例子:

```
REAL*4 FUNCTION FCBRT(A)
!Expose Function FCBRT to users of this dll
!DEC$ ATTRIBUTES DLLEXPORT::FCBRT
USE numerical_libraries
REAL*4 A[VALUE]
!Variables
!Body of the Function
FCBRT=CBRT(A)
END FUNCTION FCBRT
```

^① 参考文献 2 中未对调用规则进行论述

注意输出函数名不要和 IMSL 库中的函数同名，否则生成 DLL 时将报与库函数命名冲突！

当然用户在实际使用过程中为了简单的调用若干个数学函数，还要进行库函数的定制与打包，这是不大实际的。

以下提供一种简单的方法在 VC 中调用 IMSL 库函数，参考表一：

工程类型 (S/D)	使用多线程	使用 C 调试库	使用的 Fortran 链接库存	使用的 C 链接库存
Static	否	否	dfor.lib	libc.lib
Static	否	是	dfor.lib	libcd.lib
Static	是	否	dformt.lib	libcmt.lib
Static	是	是	dformt.lib	libcmt.d.lib
Dll	否	否	dfordll.lib(dforrtd.dll)	msvcrt.lib(msvcrt.dll)
Dll	否	是	dfordll.lib(dforrtd.dll)	msvcrt.d.lib(msvcrt.d.dll)
Dll	是	否	dformd.lib(dformd.dll)	msvcrt.lib(mvcrt.dll)
Dll	是	是	dformd.lib(dformd.dll)	msvcrt.d.lib(msvcrt.d.dll)

表一

在编程实践中，根据表一的调用依赖关系，笔者总结出了在 VC 工程中直接调用 IMSL 数学库的方法。第一，在控制台 (console) 应用程序中调用 IMSL 库函数，必须包含 dfor.lib,dfconsol.lib，在 MFC 应用程序中调用 IMSL 库函数，则必须包含 dformd.lib，当然上述两种情况的工程要想调用 Fortran 提供的数学库，如下三个库文件是基本的：

- 1 Imsl.lib IMSL 静态库，包含了 Fortran77 和 Fortran90 所有函数和子例行程序；
- 2 Imsls_err.lib IMSL 错误处理库；
- 3 Imslmpistub.lib 基于多 CPU 的并行处理库 (对于单 CPU 的 PC 机用户可省)

读者可以根据表一，结合在项目中 Project 菜单的 Setting 项中有关编译器参数对相应的库文件进行修改。

3 提供简单算例

在计算机图形学中关于曲线、曲面进行插值或拟合，将大量使用求解线性方程组。如在求 B 样条曲线插值问题中，要先进行反求控制顶点，后根据 B 样条基求出进行插值，我们利用 VC 来完成界面，利用 IMSL 提供的数学函数完成计算。

例题：已知型值点序列 $P_i, i=0,1,2,...,n$ ：求控制顶点序列。

反求 B 样条曲线控制顶点的数学问题是：
 $AD = P$ D 表示 de Boor 控制顶点，P 已知型值点列和边界条件向量。

在 VC 中调用 IMSL 解线性方程组的函数 LSASF/DLSASF 求解，完整代码如下：

```
#include <iostream>
using namespace std;
#define N n+1

// compiler indicator include library-search rc
#pragma comment(lib, "dfor")
// "dfconsol", "imsl", "imsls_err"
.....

// solve a real symmetric system of linear equations
extern "C" {void _stdcall LSASF (int*, float*, int*, float*,
float*);}
extern "C" {void _stdcall DLSASF (int*, double*, int*,
double*, double*);}

int main(int argc, char* argv[])
{
    int lda=N; int n=N;

    // coefficient matrix initialization
    double A[N][N]={.....};
    double Px[N]={.....};
    double Py[N]={.....};

    // store resolved array
    double Dx[N],Dy[N];
    DLSASF(&n,&A[0][0],&lda,Px,Dx);
    DLSASF(&n,&A[0][0],&lda,Py,Dy);

    .....
    return 0;
}
```