

MATLAB 与 VC++ 混合编程在 悬置系统优化平台中的应用*

雷芳华, 孙 宁, 刘博良

(桂林电子科技大学 机电工程学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 首先分析了 MATLAB 与 VC++ 在悬置系统优化设计编程方面的优缺点, 接着阐述了悬置系统的优化设计和 MATCOM 转化法的基本原理, 给出了求解固有特性的 m 文件, 通过创建优化平台, 结合算例和操作步骤进行混合编程, 详细地提出了一种高效的优化设计编程方法。通过在系统平台的应用, 表明 MATCOM 转化法混合编程能无缝结合, 大大缩短了优化设计的周期, 提高了效率。

关键词: MATLAB; VC++; 混合编程; 优化设计; 解耦

中图分类号: TP311.56

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)04-0081-04

The application of MATLAB and VC++ mixed programming in the mounting system optimization platform

Lei Fanghua, Sun Ning, Liu Boliang

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: Firstly, analyzed the advantages and disadvantages of MATLAB and VC++ in the mounting system on optimization design programming, as well as the superiority of mixed programming. In this paper, it describes the basic principles of the mounting system on optimization design and MATCOM transformation method, giving the m-file to solve the inherent characteristics. By creating optimized platform and combined with examples and steps for mixed programming, then presented an efficient optimal design programming in detail. Through the application of this system platform, it shows that mixed programming can seamless, greatly reducing the optimize design cycle and improving efficiency.

Key words: MATLAB; VC++; mixed programming; optimization design; decoupling

在工程计算中, 多数工程的实现几乎都要涉及多目标函数的优化, 常规的解决办法是运用 MATLAB 或 VC++ 软件进行编程计算, 但目前这些软件都还存在一些不足。一方面 MATLAB 虽有强大的计算能力和强大的数据处理能力, 但是由于程序不能脱离其 MATLAB 环境运行, 限制了程序的通用性和应用开发, 不利于后续编程; 另一方面 Visual C++ 程序的代码运行效率高, 界面设置交互性也比较好, 但是由于在函数计算能力方面的不足, 很大程度上加大了编程人员对一般数学函数和算法的工作量。通过合适的编译器, 结合 MATLAB 和 Visual C++ 混合编程能有助于界面开发和代码重用, 而且算法精确度高, 可扩展性强, 混合编程连接性较好^[1]。

近年来随着动力总成悬置系统设计工程的发展, 绝大部分研发人员在系统设计时以系统的固有频率和解耦程度为合理设计目标, 运用 MATLAB 的 GUI 界面实现优化面板设计, 这在一定程度上可以很好地提高运算能力, 但却制约了程序升级和改进的可扩展性能力。针对这些工程问题, 本文提出了一种基于 MATCOM 转换法的 VC++ 与 MATLAB 混合编程。传统的 VC++ 与 MATLAB 混合编程一般是在 VC++ 环境下调用 MATLAB 编写的函数, 在函数参数传递方面多用 MATLAB 编写优化算法函数, 总是将目标函数的匿名函数作为其参数之一, 以此来达到优化目标函数的目的。然而在 C++ 语言中是不能将函数作为参数调用的, 关于 VC++ 与 MATLAB 混编参

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50965005)

应用奇葩

Example of Application

数调用这方面的文章也相当少,本文提出了一种解决上述参数调用的方法。由于混编后的程序可以脱离 MATLAB 运行,程序的速度和效率都得到了极大的提升。本文充分发挥 MATCOM 转换法的优势,将高难度的算法研究与实际应用结合在一起,达到了程序简洁、编程效率提高和算法更易实现的目的。

1 悬置系统优化分析

1.1 悬置系统优化原理分析

一般情况下,都是把动力总成视为刚体,同时把动力总成悬置系统视为有 3 个移动自由度和 3 个转动自由度的一个空间 6 自由度振动系统,对应 6 个模态,包括前后移动模态、左右移动模态、上下移动模态、横向转动模态、纵向转动模态和左右转动模态,悬置系统模型如图 1 所示。

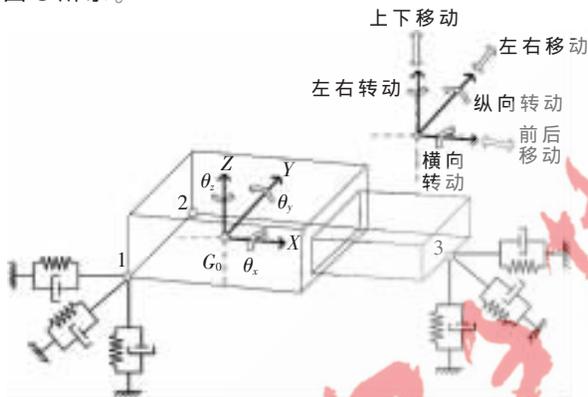


图 1 悬置系统 6 自由度模型

在动力总成上建立一个动坐标系 G_0-XYZ , 原点 G_0 位于动力总成质心,系统动力模型通过三个具有三向弹性(阻尼)的元器件支承,刚体的广义坐标为 x, y, z 及绕 X, Y, Z 轴的转动 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$, 记做 q 。在悬置系统中,阻尼能有效地减少系统的振动,由于阻尼对固有频率和解耦程度的影响较小,一般可以忽略不计。可以根据上述动力总成悬置系统力学模型建立 6 自由度无阻尼自由振动方程:

$$M\ddot{q} + Kq = 0 \quad (1)$$

$$\text{式中,惯性矩阵 } M = \begin{bmatrix} m & & & & & \\ & m & & & & \\ & & m & & & \\ & & & J_x & -J_{xy} & -J_{xz} \\ & & & -J_{xy} & J_y & -J_{yz} \\ & & & -J_{xz} & -J_{yz} & J_z \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\text{刚度矩阵 } K = E_i^T B_i^T D_i B_i E_i \quad (3)$$

其中, m 是动力总成的质量, J_x, J_y, J_z 是动力总成绕各坐标轴的转动惯量, J_{xy}, J_{yz}, J_{xz} 是动力总成对应下标平面的惯性积, E_i 是悬置系统的悬置点坐标位置组成的矩阵, B_i 是悬置的安装方向角余弦值组成的矩阵, D_i 是由悬置三向刚度组成的矩阵。

目前应用比较普遍的模态解耦度评价指标是用模

态的能量比值概念来表示的。第 j 阶振型中第 k 个自由度的振动能量占该阶运动总能量的百分比可以表示为:

$$DIG_{kj} = \frac{e_k^T \varphi_j e_k^T M \varphi_j}{\varphi_j^T M \varphi_j} \times 100\% \quad (4)$$

式中 φ_j 为第 j 阶振型向量, e_k 为第 k 个元素为 1 的 6 阶单位列向量。

在一个频率下,一个模态能量占到总能量的 98% 即表明这个模态能量非常强,在实际工程中,一般情况是难以达到这种解耦度的。一般来说,如果在某个频率下,一个模态的能量占到总能量的 85% 以上,则这个模态与其他模态的解耦程度被视为满意,对于横向转动模态一般要求要高些,期望达到 90% 以上^[2]。

1.2 基于 MATCOM 转化法混合编程原理分析

MATCOM 是 MathWorks 公司开发的为 MATLAB 中的 m 文件进行高效解释和调试的集成开发环境。MATCOM 最主要的功能是能够将 m 文件按照与 C++ 语法的对应关系翻译为 cpp 源代码,并通过 Visual C++ 将其编译成可执行程序(exe)或动态链接库(dll),这样既保持了 C++ 的优良算法,又保持了 C++ 的高执行效率。

利用 MATCOM 实现 MATLAB 与 VC++ 之间的混合编程,具体实现方法有以下 3 种可供选择:

- (1) 利用 MATCOM 生成独立执行的 exe 文件。但不能脱离 MATLAB 的后台支持;
- (2) 利用 MATCOM 生成动态链接库(dll)文件;
- (3) 利用 MATCOM 的组件 VisualMatcom 实现在 Visual C++ 6.0 环境中直接对 m 文件进行编译,这种方法与第二种十分相似,但应用起来更为简便^[3]。

为了实现 MATLAB 与 VC++ 之间的混合编程,本文采用第二种方法,以 MATLAB 7.1、MATCOM 4.5、VC++ 6.0 和 Windows XP 为操作环境,具体转化法如图 2 所示。

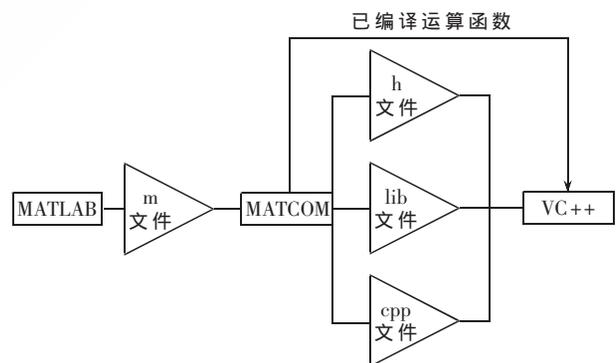


图 2 MATCOM 转化法示意图

采用第二种 MATCOM 转化法,结合算例,将 MATLAB 中计算函数的 m 文件转化为 VC++ 可识别的文件;接着,通过创建 VC++ 工程,将所需文件加入工程目录中。

2 VC++ 与 MATLAB 混合编程的实现

2.1 算例分析

本文将针对某国产自动档车型的振动问题,分析基

应用奇葩

Example of Application

于遗传算法的动力总成悬置系统多目标刚度优化,优化的目标为9个刚度设计变量,以解耦度最大为最佳优化目标,此平台采用加权系数法对6自由度解耦度进行加权,形成适应度函数如下:

$$\max f = w_1 dig_1 + w_2 dig_2 + \dots + w_6 dig_6 \quad (5)$$

式中 w_1, w_2, \dots, w_6 为权值,且 $w_1 + w_2 + \dots + w_6 = 1$, dig_i 表示 i 方向上最大解耦度 ($i=1, 2, \dots, 6$)。

基于遗传算法,优化的目标是使得 f 适应度值最大,交叉概率和变异概率分别取 0.3、0.2,种群染色体个数设置为 30,优化代数设置为 400,约束条件设置固有频率在 6 Hz~18 Hz 之间,相邻固有频率最小为 1 Hz。为了便于动态分析和实现混合编程,同时给出了悬置系统的基本参数。表 1 是动力总成质量和惯性参数,表 2 为悬置系统位置和安装方向角参数。

表 1 悬置系统的惯性参数

m	$J_x/\text{kg} \cdot \text{m}^2$	$J_y/\text{kg} \cdot \text{m}^2$	$J_z/\text{kg} \cdot \text{m}^2$	$J_{xy}/\text{kg} \cdot \text{m}^2$	$J_{yz}/\text{kg} \cdot \text{m}^2$	$J_{zx}/\text{kg} \cdot \text{m}^2$
218.15	5.3898	-0.3017	-0.9598	15.6173	0.0288	14.8777

表 2 悬置系统的位置和安装方向角

悬置点	位置参数/m			安装方向角/°		
	X	Y	Z			
1	-0.122 41	0.609 17	0.192 42	0	0	0
2	-0.037 41	-0.365 83	0.192 42	90	90	0
3	0.186 59	0.039 62	-0.234 48	0	0	0

2.2 实现混合编程

实现方法是运用 MATCOM 生成动态链接库文件,这种方法在实际工程中使用较多,运用也比较灵活,易于实现 MATLAB 与 VC++ 之间的函数、参数之间的传递。最好的情况是能直接使用 MATCOM 编译生成 cpp 文件,而不是直接使用 dll 文件^[4]。下面以悬置系统优化为例进行说明,步骤如下:

(1) 在 MATLAB 中生成 m 源文件,通过 MATCOM 编译器在当前目录文件夹中生成三种 4 个 VC++ 可识别的文件,然后添加到 VC++ 工程目录下。在实现混合编程之前,根据 MATLAB 编程规则,在软件中实现编写求解固有频率和解耦度的 m 程序文件,其程序主要部分如下所示:

```
function[P,v,s,t]=jieoudu(m2,X,U,r,J)
%定义输入输出函数 jieoudu,P,v,s,t 为输出数组,m2,X,U,
r,J 为输入数组
K1=f1' * t1' * k1 * t1 * f1;
%K 为系统的刚度矩阵,其中 f1' 为求逆矩阵
K2=f2' * t2' * k2 * t2 * f2;
K3=f3' * t3' * k3 * t3 * f3;
K=K1+K2+K3;
[v,d]=eig(inv(M)*K);
%求特征向量、特征值
...
```

其中, $m2, X, U, r, J$ 为输入数组,是从 VC++ 编辑框

输入传给 jieoudu 函数的要进行求解固有频率和解耦度的参数,特别需要注意的是逆矩阵函数和 eig 函数,如果这两个函数在 C++ 中实现,需要编辑大量的语句才能实现。

(2) 创建一个名为 youhuapingtai,基于对话框的 MFC (exe)工程。

(3) 将 MATCOM 编译器生成的 4 个文件拷贝到建立的工程 youhuapingtai 目录下。然后将拷贝的 4 个文件加入到 VC 工程中:工程→添加工程→文件。

(4) 在 youhuapingtaiDlg.cpp 中进行主要程序编辑,其主要代码如下所示:

```
#include "matlib.h"
#include "jieoudu.h"
//添加 jieoudu 函数头文件 static void
initialization(CYouhuapingtaiDlg* dlg); //初始化种群
...
其中,添加头文件 #include "matlib.h" 和 #include "
jieoudu.h",用于调用由 MATLAB 编译的 jieoudu 库文
件。
void CYouhuapingtaiDlg::diaoyong()
//定义 diaoyong 函数
{
dMm(X);dMm(U);dMm(r);dMm(J);dMm(P);dMm(v);
dMm(s);dMm(t);//用 Mm 来定义矩阵变量[5]
M_VECTOR(X,data1);
//M_VECTOR 宏将控件中的矩阵数据传给函数输入变量
...
initM(MATCOM_VERSION); //初始化 matlib 库, MAT-
COM_VERSION 是一个在 matlib.h 中定义了的常量,它保证
了动态链接库与 matlib.h 相匹配
jieoudu(m2,X,U,r,J,i_o,P,v,s,t);//调用编译好的 MATLAB
程序 jieoudu, i_o 为分隔符,前为输入,后为输出
...
exitM(); //调用结束
}
在函数 static void initialization() 中,传递一个 cyunx-
ingdlg 类型的指针变量,编写了如下主要随机生成初始
数据的子程序:
static void initialization(CYouhuapingtaiDlg* dlg)
//初始化种群函数
{
for(i=1; i<=POP_SIZE; i++)
{
mark: //运用 mark 循环来处理约束条件
x[1]=myu(dlg->m_x11,dlg->m_x12);
//参数取随机值(染色体赋约束条件
范围随机值,能减少程序计算量)
...
if(constraint_check(x,dlg)==0)
goto mark;
```

```

//if 语句调用处理约束条件函数
for(j=1; j<=N; j++)
    CHROMOSOME[i][j]=x[j]; //染色体赋初始值
}
}

```

(5)一般在这种情况下编译会出现下列错误: fatal error C1010: unexpected end of file while looking for precompiled header directive。因此,需要进行下列设置:工程→设置→C/C++,选择 precompiled headers 选择第一或第二项:自动选择预补偿页眉。执行即可通过编译。

(6)运行程序,输入参数,点击“优化计算”按钮,再点击“显示优化结果”,出现计算结果显示平台。

应用 MATCOM 转化法改进 MATLAB 和 VC++ 的混合编程的不足,如对 class 数据类型部分支持 eval、feval 等语句不能在 C++ 中实现、图形窗口有些不尽人意等问题,在编程过程中,已经避免了运行出现以上的问题。

软件平台是基于 MATCOM 转化法的混合编程,在运算时,明显能感到其计算速度和效率的提高。结果中,固有频率和解耦度的输出结果也是相当满意的,在 6 个固有频率下,各模态的能量解耦度都能占到 90% 以上。

本文通过悬置系统优化平台无缝结合的实践运用,以及平台的稳定测试,解决了 VC++ 在解决矩阵处理问题上的弊端,简化了编写程序的复杂性,同时也有效地

提高了 MATLAB 在可移植性的底层编程功能和界面开发能力,对复杂算法的系统开发提供了一种强有力的技术支持。基于 MATCOM 转化法的 VC++ 与 MATLAB 混合编程,其程序代码在编译后封装于链接库中,因此也有利于保护软件的著作权。

参考文献

- [1] 绳晓玲,万书亭.MATLAB 与 VC 混合编程及在振动故障分析中的应用[J].仪器仪表与分析监测,2011(2):25-27.
- [2] 庞剑,何华.汽车噪声与振动-理论与应用[M].北京:北京理工大学出版社,2006:280-283.
- [3] 王毅,樊明,何联.基于 Matcom 的 MATLAB 与 VC++ 混合编程分析[J].哈尔滨商业大学学报,2007,23(3):311-314.
- [4] 闻斌,崔建昆.MATLAB 与 Visual C++ 的联合应用[J].计算机与现代化,2004(2):14-15.
- [5] 刘维.精通 MATLAB 与 C/C++ 混合程序设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008:257-315.

(收稿日期:2011-10-16)

作者简介:

孙宁,男,1961年生,教授,主要研究方向:机械优化设计、精密测量研究。

雷芳华,男,1984年生,硕士,主要研究方向:车辆工程汽车振动技术。

刘博良,男,1987年生,硕士,主要研究方向:车辆工程计算机检测技术。