

doi: 10.7690/bgzdh.2013.10.025

ABAQUS/Plug-ins 在炮身参数化建模及模态分析中的应用

王惠方¹, 魏浩²

(1. 中国兵器工业集团 202 所, 陕西 咸阳 712099; 2. 南京理工大学机械工程学院, 南京 210094)

摘要: 针对火炮炮身的模态参数在测量次数、测量数据的准确性方面难以得到充分保证的问题, 提出一种利用 ABAQUS 软件二次开发功能制作火炮炮身的参数化建模及模态分析插件的方法。运用 ABAQUS 自带的 RSG 编制炮身的参数化建模界面与模态分析图形界面, 并编写对应的内核脚本程序使其成为完善的图形界面, 研究了温度及质量变化对炮身模态的影响, 实现了快速创建、修改模型等参数化操作。分析结果证明: 该方法提高了分析效率, 对炮身的固有模态分析和研究提供了有力支持。

关键词: ABAQUS; Plug-ins; 炮身; 模态分析

中图分类号: TJ303⁺.1 **文献标志码:** A

Application of ABAQUS/Plug-ins in the Parametric Modeling and Mode Analysis of Gun Barrel

Wang Huifang¹, Wei Hao²

(1. No. 202 Institute of China Ordnance Industry Corporation, Xiayang 712099, China;

2. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: To the question that it's difficult to sufficiently ensure the accuracy of measurement times and measurement data of mode parameters of the gun barrel, a method that uses secondary development function of ABAQUS software to fabricate parametric modeling and mode analysis plug-ins of gun barrel is proposed. Utilize ABAQUS's own RSG to establish the parametric modeling interface and mode analysis figure interface of the gun barrel, meanwhile, compile corresponding kernel script to perfect it. Have researched the influence of variations of temperature and mass on gun barrel model and achieved parametric operation of establishing quickly and modifying model, etc. The consequence proves that this method enhances analytic efficiency and forcefully supports for gun barrel's nature mode analysis and research.

Key words: ABAQUS; Plug-ins; gun barrel; mode analysis

0 引言

炮身是火炮发射系统的一个重要组成部分, 其主要作用是承受火药燃烧产生的压力, 引导弹丸在膛内运动, 并赋予弹丸一定的飞行方向和速度^[1], 对于火炮射击精度有着极其重要的作用。为保证火炮系统具有良好的动态性能和射击精度, 对炮身进行固有模态的分析和研究是很有意义的^[2]。炮身的模态参数通常通过实验模态分析与计算模态分析 2 种方法获得。但是由于受到试验条件的限制, 试验模态分析的进行一般比较困难, 而且在测量次数、测量数据的准确性方面难以得到充分保证^[3]。

ABAQUS 作为目前最常用的有限元分析软件之一, 具有强大的模拟功能^[4], 可以解决从简单的线性分析到许多复杂的非线性问题, 这也为火炮炮身的模态分析提供了一种途径。但是在炮身参数化建模及模态分析过程中, 需要涉及大量参数的输入、修改, 过程繁琐, 效率低下, 且容易出错。利用 ABAQUS 软件的二次开发功能制作特定的图形用

户界面(GUI), 可以实现对该过程的简化处理, 从而使问题分析起来更简单更有效, 提高了工作效率。

1 ABAQUS 脚本接口

ABAQUS 脚本接口 (ABAQUS Scripting Interface) 是对 ABAQUS 二次开发操作的基础, 可以控制并实现所有 ABAQUS/CAE 上的功能^[5], 用户可以通过脚本接口实现以下功能: 1) 创建并修改模型中的属性; 2) 创建、修改并提交分析任务; 3) 获取 ABAQUS 的输出结果库, 并读取其中的数据文件, 同时还能做到向其中写入新的数据结果^[6]。ABAQUS 脚本接口与 ABAQUS/CAE 的通信关系如图 1 所示, 用户可以通过图形用户界面(GUI)窗口、命令行接口(Command Line Interface-CLI)和脚本来执行相应的命令, 但是所用的命令都必须经过 Python 解释器后才能进入 ABAQUS/CAE 中执行, 最终得到输出数据库(ODB)文件。

文中命令的流通方式是基于图形用户界面

收稿日期: 2013-04-24; 修回日期: 2013-05-15

作者简介: 王惠方(1972—), 男, 河南人, 本科, 研高工, 从事火炮、火箭炮总体研究。

(GUI)的方式执行的。首先运用 ABAQUS 自带的 RSG(Really Simple GUI)对话框构造器编制炮身的参数化建模界面与模态分析图形界面,然后编写对应的内核脚本程序使其成为完善的图形界面,完成以后用户就可以通过图形界面输入相应的参数,从而将指令发送到内核,实现参数化操作^[7]。

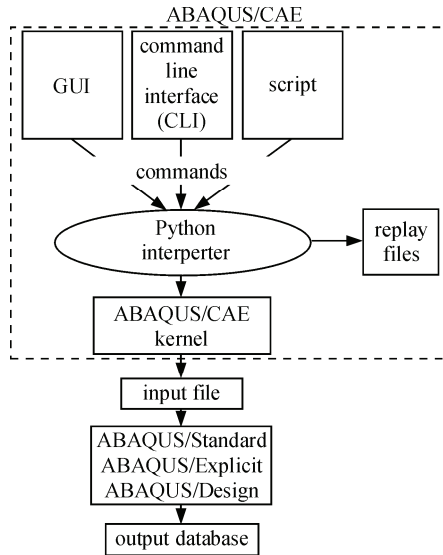


图 1 ABAQUS 脚本接口命令与 ABAQUS/CAE 的关系

2 插件程序

插件程序是程序开发人员定义 Abaqus/CAE 图形用户界面 (GUI) 的最简单方法。插件程序又分为内核 (kernel) 插件程序和 GUI 插件程序^[8]2 类。GUI 插件程序可以使用 ABAQUS 的 GUI 工具包的命令,也可以借助 RSG 对话框构造器实现,后者实现起来比较容易。笔者将通过 RSG 对话框构造器创建的对话框编写插件程序。

使用插件程序法 (plug-in) 需要将插件程序放在 abaqus_plugins 文件夹下注册才能使用,炮身参数化建模及模态分析插件主要涉及 3 个程序文件 (motaiDB.py, motai.py, motai_plugin.py), 其中 motaiDB.py 为对话框界面创建程序, motai.py 为参数输入调用程序, motai_plugin.py 为插件注册程序^[9], 下面就这 3 个程序文件进行说明。

2.1 对话框界面创建程序 motaiDB.py

对话框界面由 ABAQUS 自带的 RSG 对话框构造器创建,启动 Abaqus/CAE 后,单击【Plug-ins 菜单】—【Abaqus】—【RSG Dialog Builder...】,即可进入对话框创建界面。用户可以根据实际需要创建合适的界面,炮身建模及模态分析界面效果如图 2、图 3 所示。

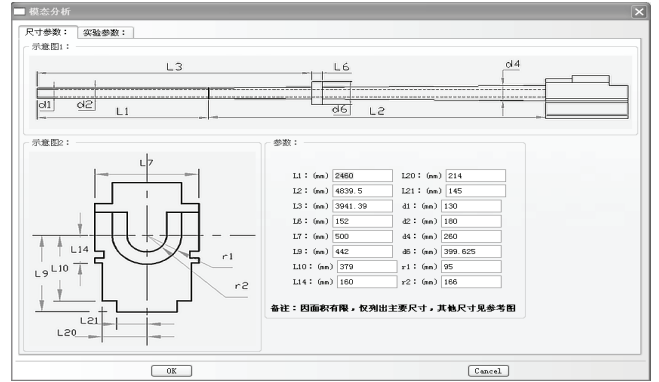


图 2 界面一

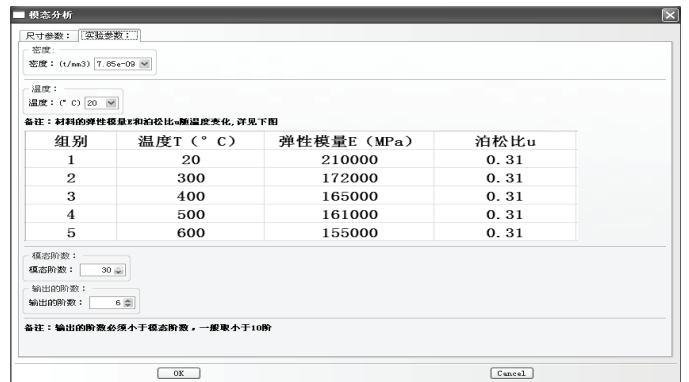


图 3 界面二

2.2 参数输入调用程序 motai.py

motai.py 为内核程序,主要用于炮身的参数化建模及模态分析,部分程序如下(因篇幅有限,仅列出部分程序)。

```

from abaqus import *
from abaqusConstants import *
def
motai(L1,L2,L3,L6,L7,L9,L10,L14,L20,L21,d1,d2,d4
,d6,r1,r2,den,T,N,n):
    Mdb()
    .....
    mdb.models['Model-1'].Temperature(name='Predefine
    d Field-1', createStepName='Initial', region=region,
    distributionType=UNIFORM,crossSectionDistributio
    n=CONSTANT_THROUGH_THICKNESS,magnitude
    s=(float(T),))
    session.viewports['Viewport:1'].assemblyDisplay.setV
    alues(loads=OFF, bcs=OFF, predefinedFields=OFF,
    connectors=OFF, adaptiveMeshConstraints=ON)
    mdb.models['Model-1'].FrequencyStep(name='Step-1',
    previous='Initial', numEigen=int(N))
    .....
    #-----输出前 n 阶振型图-----
    For a in range(1,int(n)+1):
    session.viewports['Viewport:1'].odbDisplay.setFrame(
  
```

```

step=0,frame=a)
session.viewports['Viewport:1'].view.setProjection(
projection=PARALLEL)
session.viewports['Viewport:1'].view.setValues(
session.views['Iso'])
session.viewports['Viewport:1'].view.fitView()
session.printToFile(fileName='C:/Documents and
Settings/Administrator/桌面/motai/炮身'+str(a)+'阶
振型
',format=PNG,canvasObjects=(session.viewports['Vie
wport:1'],))
else:
    print '输出炮身前'+str(a)+'模态数据完成!'
    
```

2.3 插件注册程序 motai_plugin.py

motai_plugin.py 的作用是利用 registerGuiMenuButton 实现插件注册。如图 4 所示，插件注册以后，二次开发软件便可以集成到

ABAQUS 界面最上方的插件菜单栏中。

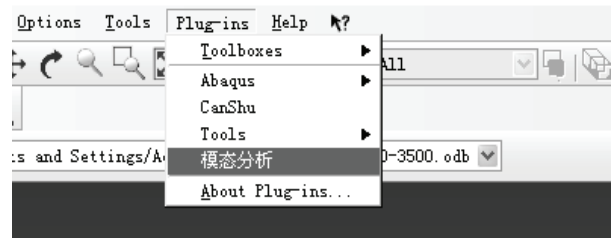


图 4 插件方式例图

3 插件的应用

插件创建成功以后，点击 Plug-ins 主菜单下的“模态分析”子菜单，即可打开炮身建模及模态分析模块界面，在界面中可以对相应的参数输入或修改，单击“OK”后，进入分析过程。

分析完成以后，软件会自动输出相应参数下的炮身前 N 阶振型图(笔者取前六阶)，如图 5~图 10。相应参数下炮身的固有频率如表 1、表 2 所示。

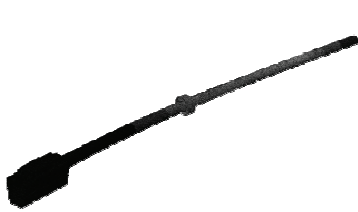


图 5 炮身一阶振型

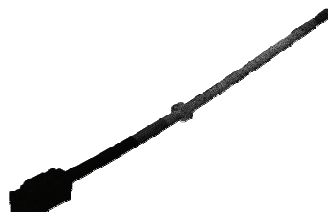


图 6 炮身二阶振型

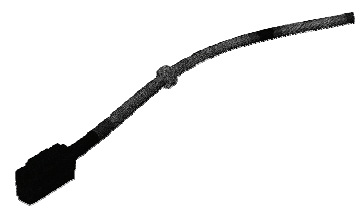


图 7 炮身三阶振型

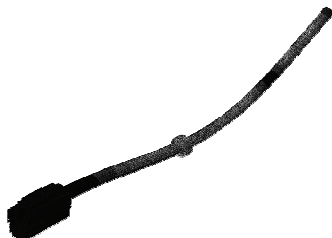


图 8 炮身四阶振型

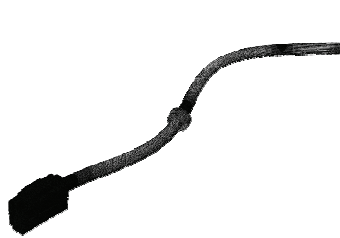


图 9 炮身五阶振型

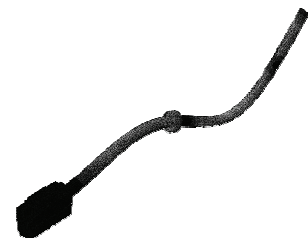


图 10 炮身六阶振型

表 1 不同温度下的炮身固有频率

Hz

温度/℃	固有频率					
	1 阶	2 阶	3 阶	4 阶	5 阶	6 阶
20	5.256 1	5.272 2	20.886 0	20.988 0	56.225 0	56.586 0
300	4.757 0	4.771 6	18.903 0	18.996 0	50.886 0	51.213 0
400	4.659 3	4.673 5	18.515 0	18.605 0	49.840 0	50.160 0
500	4.602 5	4.616 5	18.289 0	18.378 0	49.233 0	49.549 0
600	4.515 9	4.529 7	17.945 0	18.033 0	48.307 0	48.617 0

表 2 不同密度下的炮身固有频率

Hz

密度/(kg/m ³)	固有频率					
	1 阶	2 阶	3 阶	4 阶	5 阶	6 阶
7 850	5.256 10	5.272 20	20.886 00	20.988 00	56.225 00	56.586 00
6 800	5.647 36	5.664 66	22.441 00	22.550 70	60.410 10	60.797 80
5 000	6.515 71	6.535 98	26.060 20	26.189 20	70.118 10	70.571 70
3 500	7.787 76	7.811 99	31.147 90	31.302 00	83.807 20	84.349 30
2 700	8.866 76	8.894 34	35.463 50	35.638 90	95.418 70	96.035 90

4 结论

从表 1 中数据可以看出, 炮身固有频率随着温度的升高而降低, 但是总体变化很小, 因此可以用室温的计算结果近似代替 600 °C 以内温度场下的计算结果。

从表 2 中数据可看出, 炮身固有频率随质量(密度)降低而升高, 因此炮身的轻量化, 不仅可提高系统的机动性, 而且可显著提高系统的固有频率^[10]。

参考文献:

[1] 张相炎, 郑建国, 杨军荣. 火炮设计理论[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005: 15-18.

[2] 赫雷, 王进, 管红根, 等. 某身管的实验模态分析[J]. 物理实验, 2010, 30(10): 36-39.

[3] 吴东亚, 邢宏光, 崔军, 等. 基于有限元的某型坦克炮

身管模态分析[J]. 科技导报, 2008, 26(23): 44-47.

[4] 石亦平, 周玉蓉. ABAQUS 有限元分析实例详解[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.

[5] 曹金凤, 王旭春, 孔亮. Python 语言在 Abaqus 中的应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

[6] 张强, 马永, 李四超. 基于 Python 的 ABAQUS 二次开发方法与应用[J]. 舰船电子工程, 2011, 31(2): 131-134.

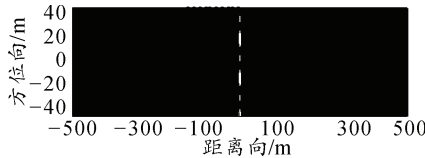
[7] 简法鹏. 基于 ABAQUS 参数化二次开发的多管火箭炮建模与仿真研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2011.

[8] 陈学义. 基于 ABAQUS 二次开发的多管火箭炮参数化建模与仿真研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.

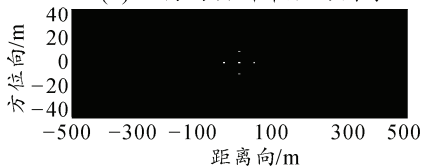
[9] 王家林, 李平. ABAQUS 箱型桥梁的 GUI 二次开发[J]. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2009, 28(6): 1000-1004.

[10] 刘军. 火炮固有频率及关键零部件发射应力有限元分析[D]. 西安: 西北工业大学, 2005.

(上接第 87 页)



(a) 距离向去斜率后的图像



(b) 方位向去斜率后的图像

图 10 5 点目标距离向、方位向去斜率后的图像

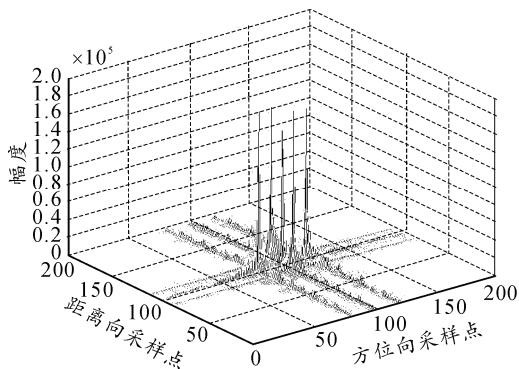


图 11 5 点目标二维脉冲压缩后的图像

5 结论

笔者以正侧视条带式 SAR 模式为背景, 在分析回波信号 dechirp 处理方法原理的基础上, 将去斜率处理应用于合成孔径雷达成像, 避免了高带宽带来的高速采样问题。回波信号去调频处理后, 进行傅里叶变换到差频域, 然后进行相位校正, 从而取得校正后的目标距离向, 接着对方位向进行去调频

处理, 经过对慢时间的 FFT 变换后在频域得到场景点目标的二维成像。该信号处理方法更为简单, 也更易于工程实现。仿真实验验证了此方法对于点目标成像效果良好。

参考文献:

[1] 盖旭刚, 陈晋汶, 韩俊, 等. 合成孔径雷达的现状与发展趋势[J]. 飞航导弹, 2011, 41(3): 82-86.

[2] 张直中. 合成孔径雷达遥感技术及其应用[J]. 火控雷达技术, 2000, 29(1): 1-7.

[3] 吴曼青, 葛家龙. 数字阵列合成孔径雷达[J]. 雷达科学与技术, 2009, 7(1): 1-9.

[4] 贾鸿志. 雷达信号分析[M]. 南京理工大学, 1998, 26(12): 84-87.

[5] Tsunoda S. I., et al. General Atomics. W H Hensley. Sandia National Laboratories, Lynx: A high-resolution synthetic aperture radar[C]. Florida: SPIE Conference on Radar Sensor Technology VI. Orlando, 1999: 20-27.

[6] Ron Goodman, et al. Issues in Ultra-Wideband, Widebeam SAR image formation[C]. Washington D.C: IEEE International Radar Conference, 1995: 479-485.

[7] 保铮, 邢孟道, 王彤. 雷达成像技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 125-138.

[8] 钱延军, 唐海云, 罗懋康. 去调频处理的合成孔径雷达成像[J]. 电讯技术, 2009: 49(2): 9-13.

[9] 胡伟. 星载 ScanSAR 回波仿真与成像研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2004: 19-37.

[10] 李海英, 杨汝良. 去斜率线性调频合成孔径雷达成像研究[J]. 现代雷达, 2003, 25(3): 1-4.

[11] Ian G. Cumming, Frank Hay-chiee Wong. Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data: Algorithms and Implementation[M]. Ma: Artech House, 2005: 369-420.

[12] 裴莉辉. 基于去调频处理的 SAR 成像技术研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2004: 29-38.