

射孔弹聚能射孔数值仿真系统*

郝永平, 许靖

(沈阳理工大学机械工程学院, 沈阳 110159)

摘要:为了实现射孔弹聚能射孔可视化建模应用分析,文中提出一种基于VB的ANSYS二次开发的方法。该方法通过系统的接口集成与相关信息互操作,实现建模与分析过程的人机交互参数化设计。并借助实例验证所开发的系统可以实现建模计算分析和过程可视化,与试验值比较结果符合要求。

关键词:聚能射孔;二次开发;参数化

中图分类号:TJ410.2 文献标志码:A

Numerical Simulation System of Shaped Charge Study on Perforating Charge

HAO Yongping, XU Jing

(School of Mechanical Engineering, Shenyang Ligong University, Shenyang 110159, China)

Abstract:To achieve visualization modeling and applied analysis of perforating charge, a new method based on VB and ANSYS secondary development was proposed. Parameterization design of human-computer interaction was established via integration of interface and interoperability of relevant information. Instance was used to verify the developed system; the results show that the developed system can realize model calculation and process visualization. Compared with the result of tests, it complies with the design requirements.

Keywords:shaped charge; secondary development; parameterization

0 引言

由于石油射孔爆炸试验费用昂贵^[1-3],爆炸后测量穿深等数值条件的限制^[4],很大程度上限制了油井射孔的试验研究。在石油装备的研发过程中,将结构优化设计理论方法以及现代CAE技术^[5-6]融合运用到射孔弹的结构设计中,可以有效缩短设计产品的周期,改良产品性能,降低产品开发成本。

ANSYS提供开放的二次开发功能^[7],文中将VB与ANSYS相结合,使用APDL语言结合VB对模型尺寸进行参数化,解决重复建模困难的问题。系统具有良好的人机交互界面,方便不熟悉ANSYS的用户使用。

1 软件系统流程设计

1.1 流程及原理图

应用APDL语言编制命令流文件,用VB调用ANSYS,对ANSYS进行封装。ANSYS每运行一次生成一段*.log文件,在文件中记录了运行过程中的每一个命令,方便下一次建模进行某些参数的修改。输

入的参数通过VB中的‘print’命令将流逐条形成,保存到*.txt中,在*.log文件中使用/input调入新命令,形成用户所需要的*.log文件。调用分析结束之后,使用VB命令来查看用户所需数据。系统流程图如图1所示。

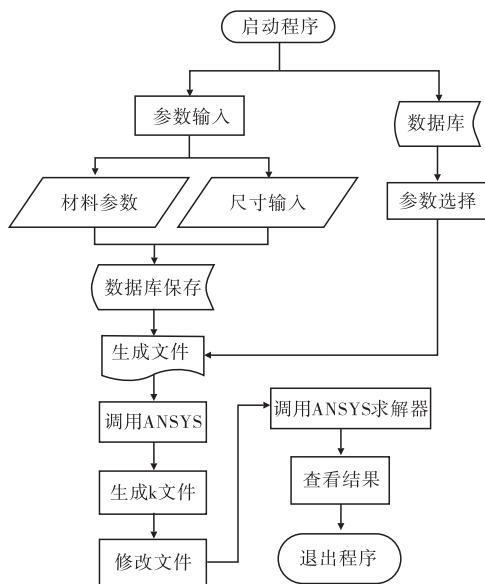


图1 ANSYS与VB结合系统流程图

* 收稿日期:2013-05-20

作者简介:郝永平(1960-),男,辽宁沈阳人,教授,博士生导师,研究方向:信息化应用技术、微系统应用技术。

1.2 接口问题

首先是 *.log 文件的提交,在按钮控件中添加如下代码:

```
X = Shell("D:\Program Files\ANSYS Inc\v121\ansys\bin\INTEL\ANSYS121.exe-b-p anfl-i D:\shiyian\shuru\xinghaoyi.txt-o D:\shiyian\shuchu\xinghaoyi.txt",vbNormal Focus)
```

其中:"D:\Program Files\ANSYS Inc\v121\ansys\bin\INTEL\ANSYS121.exe 为安装路径;i D:\shiyian\shuru\xinghaoyi.txt Y;为输入文件的放置路径;o D:\shiyian\Shuchu\xinghaoyi.txt"为输出文件存放路径。

该系统关键点就是调用 LS-DYNA 970 求解器,进行分析时直接运行批处理文件即可进行计算。首先建立一个批处理命令文件如 lsyna.bat,输入如下的命令行^[8]:

```
CD /D "C:\test\LSdynatest"
"C:\Program Files\Ansys Inc\v121\ANSYS\bin\Intel\ls970.exe" PR = DYNAPC
i = "skd11.k"
```

其中:第一行是 K 文件所在文件夹及计算结果存放路径,其余行是 LS-DYNA 求解器所在路径,计算的 K 文件为 skd1.k。编辑重启动分析计算的命令输入后保存,鼠标双击该批处理命令即可开始进行分析计算。

1.3 程序设置

调用 ANSYS 完成后生成 *.k 文件,修改文件的正确与否决定动力学仿真的精确性,在系统运行过程中修改 k 文件是一项复杂的工作任务,以下为修改文件的部分程序:

```
Set fs = CreateObject("Scripting. File SystemObject")
Set f1 = fs.OpenTextFile("E:skdjing que.txt", 1, 0)
f1.ReadLine
Do While Not f1.AtEndOfStream
    a = f1.ReadLine
    If InStr(a, "$") > 0 Then
        Exit Do
    End If
Loop
f1.Close
Set f1 = Nothing
```

```
Set f1 = fs.OpenTextFile("E:skdjing que.txt", 1, 0) '插入内容
Set f2 = fs.CreateTextFile("E:skd.txt", True)
Do While Not f1.AtEndOfStream
    a = f1.ReadLine
    If InStr(a, "*EOS_JWL") > 0 Then
        f2.WriteLine
        ("1.60,0.32,0.569") '写进的新内容
    End If
    f2.WriteLine(a)
Loop
f1.Close
Set f1 = Nothing
f2.Close
Set f2 = Nothing
Set fs = Nothing
```

2 应用实例

以某种型号的石油射孔弹为例验证系统的可行性,结构如图 2 所示。

炸药材料采用高能炸药材料模型 (MAT_HIGH_EXPLOSIVE_BURN),药型罩壳体材料采用材料模型 (MAT_JOHNSON_COOK)。空气材料模型采 (MAT_NULL)。以上在 APDL 文件中已经设定完整。

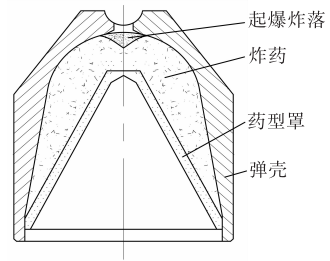


图 2 射孔弹结构图

2.1 用户界面前处理

应用程序关于参数选择部分流程图,反映了参数之间的关系,如图 3 所示。

参数界面的输入包括:弹壳材料参数、炸药参数、药型罩参数、介质参数、靶板参数和尺寸参数,利用 VB 设计界面逐步输入以上参数,通过可视化界面可以方便的修改用户所需要参数。靶板参数输入界面如图 4 所示。

2.2 分析计算

如图 5 所示,界面显示三种型号模型,分析计算时先选择用户所需射孔弹类型再调用 ANSYS,通过

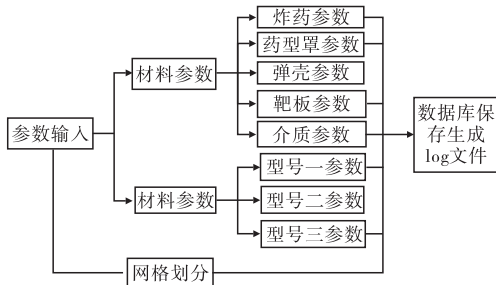


图 3 参数选择流程图

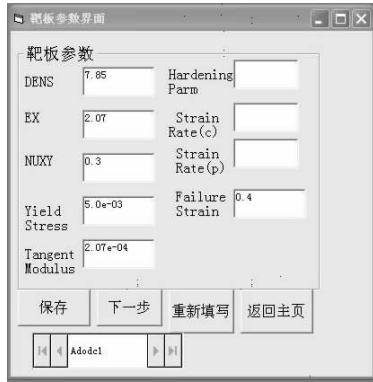


图 4 参数输入界面

调用 VB 程序来访问该程序目录以显示这些图形文件是否符合用户要求。VB 前处理程序主要是提取模型,检查图形的正确性。

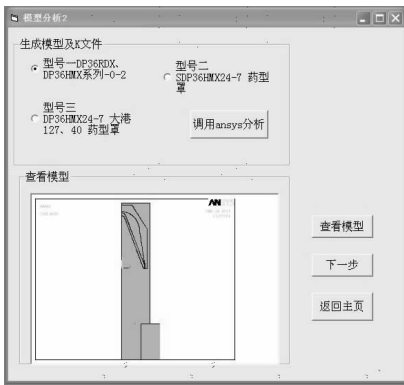


图 5 调用 ANSYS 并查看模型界面

2.3 查看结果

在图 6 中分别显示了在 15 μs 、30 μs 、45 μs 、60 μs 时线性聚能射流形成及侵彻钢板过程中的几个典型瞬态。图 6(a) 炸药起爆后 15 μs 时药型罩形成射流情况,药型罩顶部向两边移动,形成杵状金属射流;图 6(b) 炸药起爆 30 μs 时的情况,正是形成高能量金属射流的过程;图 6(c) 炸药起爆 45 μs 时的情况,药型罩底部的金属不能形成有效的射流,而生成无效的碎片;图 6(d) 表示起爆 60 μs 时的情况,可以看见运动过程中射流状杵体逐渐变细长,对靶板的穿孔深度越来越大,这与药型罩的形状有关。

LS-DYNA 很好的模拟了射流形成过程,炸药爆

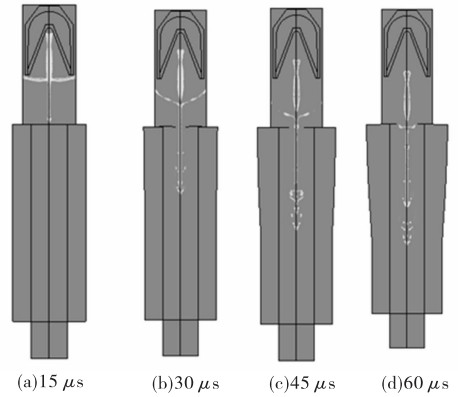


图 6 射流穿孔过程

轰后压合药型罩,罩微元在轴线上碰撞、挤压,使得罩内壁材料获得极大的运动速度后被挤出,形成射流。本次模拟穿深结果为 125.73 cm。在实际试验中射孔弹的穿深结果如表 1 所示。

表 1 试验穿深结果

	第一发	第二发	第三发	第四发	第五发	平均
第一组	125	126	123	127	130	126.2
第二组	124	129	126	121	118	123.6
第三组	127	131	126	124	125	126.6
第四组	125	131	128	130	123	125.4
第五组	124	130	130	126	128	127.6

从数据可以看出,该型号的射孔弹穿深在 125 cm 左右,经过多次仿真验证,系统仿真穿孔深度符合实际试验穿孔深度的范围,说明该系统的准确性与可行性。

3 结论

文中提供了一种基于 VB 与 ANSYS 间调用的一种方法,利用 VB 开发可视化界面,只需在界面上输入所需要的数据,减少复杂建模步骤,实现参数化建模,对于不懂 VB 和 ANSYS 的技术人员,无需学习 VB 和 ANSYS 也可完成参数化建模,对结构相似的模型,只需对参数进行简单修改即可完成建模计算分析,这样可以提高工作效率。结果表明,系统可以实现参数化,并能准确建模分析,得出穿深结果。

参考文献:

[1] 刘晓雷,曹红松,张会锁,等. 弹丸壳体性能对聚能射流影响的数值模拟[J]. 弹箭与制导学报,2009,29(2): 136 - 139.

[2] 赵云涛,徐文新,周翌,等. 药型罩对射孔弹射孔性能的影响[J]. 测井技术,2005,29(增1): 37 - 39.

[3] 李万全,李必红,赵云涛,等. 混凝土靶强度与射孔弹穿孔深度关系的初步研究[J]. 测井技术,2012(3): 324

- 328.

- [4] 刘向东,刘天生,王凤英.壁厚变化率对小锥角聚能射流形成影响的数值模拟[J].弹箭与制导学报,2010,30(3):96-98.
- [5] 王欣,徐树成,任吉堂.有限元软件 ANSYS 的二次开发及其与 VB 的连接[J].河北理工学院学报,2004,26(4):37-39.
- [6] 贺建磊,张炳军,盛军,等.射孔弹穿深与孔径模拟分析理论研究[J].测井技术,2008,32(2):110-113.
- [7] 崔伟峰,杜耀志,周腊久,等.Ls-dyna 在聚能射流模拟中的应用[J].采矿技术,2007,27(3):53-54.
- [8] 何海洋.LS-DYNA 的前后处理及其运行方式[OL].中国科技论文在线[2008-05-22].
- [9] 金玮玮,张昭,韩秀清,等.射孔枪射流形成的数值模拟与弹壳设计[J].塑性工程学报,2010,17(6):121-126.

(上接第 47 页)

在图 5 中将影响因素 state 中的 normal 数值设置为 100,即导弹初始状态恒为正常,可以观察效能指数的影响,efficiency 数值由 62.4 提升为 66,同理通过修改其它影响因素的概率也可以得出在该概率发生变化时对结果的影响。为了提高分析的精度,可以进行多次的随机运算,可以按照比例的关系得出影响因素的比重。通过仿真系统的运行会产生仿真数据,将数据按照 Netica 规范的格式存储,可以导入建立的网络进行学习这样可以提高数据分析的效率和效能。

2.3 Netica 功能嵌入系统的实现

Netica 提供的功能操作简单、强大,而且提供了与 VC++ 语言的接口,这样通过编程可以实现将 Netica 提供的功能嵌入到仿真系统中,提高仿真系统的数据分析能力。部分代码如下:

```
node_bn * efficiency, * State, * Workstate, * Hit,
* Destroy;
//定义一级因素
...
SetNodeStateNames_bn (Efficiency, "satisfy,
dissatisfied");
//定义因素参数
S SetNodeProbs (Efficiency, 0.54, 0.46); //初始
化参数值
CompileNet_bn (net); //编译网络
```

将贝叶斯网络及专业软件应用到作战仿真系统的数据分析时,软件及构造的网络的结构会影响实验结果。在嵌入工作实现的过程中,通过添加学习处理功能提高系统分析的可靠度。

3 结束语

文中针对作战仿真数据分析的需求,着重研究了贝叶斯网络的结构和应用方法,利用贝叶斯网络在对影响作战平台作战效能的因素的处理中的优势,结合导弹武器效能评估模型对导弹作战仿真数据分析系统进行了实现,为整个仿真系统的数据分析,为作战仿真系统数据分析标准化提供了解决方案。

参考文献:

- [1] 娄寿春.地空导弹射击指挥控制模型[M].北京:国防工业出版社,2009.
- [2] 肖秦琨,高高,高晓光.动态贝叶斯网络推理学习理论及应用[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [3] 张连文,郭海鹏.贝叶斯网引论[M].北京:科学出版社,2006.
- [4] 熊杰,刘湘伟,李俊.基于贝叶斯网络的态势评估算法研究[J].现代防御技术,2009,37(5):73-75.
- [5] 轩永波,黄长强,崔亮,等.基于贝叶斯网络的导弹系统人因可靠性分析[J].电光与控制,2009,16(8):32-36.
- [6] 张雪梅,高晓光.贝叶斯网络用于作战态势评估[J].火力与指挥控制,2008,33(10):30-33.
- [7] 赫明,崔笃信.高动态 GPS 观测数据的仿真研究[J].测绘科学,2008,33(6):60-62.
- [8] 王双成,冷翠平,李小琳.小数据集的贝叶斯网络结构学习[J].自动化学报,2009,35(8):1063-1070.
- [9] 耿振余,张建康.基于贝叶斯网络的空中目标作战企图识别研究[J].现代防御技术,2008,36(6):40-43.
- [10] 唐政,高晓光.基于离散动态贝叶斯网络的辐射源目标识别研究[J].系统仿真学报,2009,21(1):117-120.