

doi: 10.7690/bgzd.2013.10.010

## 基于 ABAQUS 的某车载迫击炮车架结构有限元分析

陶齐冈, 何永, 赵威, 宋焦  
(南京理工大学机械工程学院, 南京 210094)

**摘要:** 为检验某车载迫击炮车架结构是否满足设计要求, 通过有限元方法对其分别进行了静、动态分析。利用 Solidworks 三维设计软件建立车架的三维实体模型, 对车架结构进行合理简化后导入到有限元分析软件 ABAQUS 中进行刚强度分析计算, 得到车载迫击炮射击过程中车架的应力和位移变化曲线。结果表明: 动态分析的结果更接近真实受力状况, 车架的整体刚强度性能基本符合要求, 但第 6 横梁处局部应力大于材料许用应力, 需考虑加厚, 并提出改进措施, 改进后的结果表明, 车架刚强度符合设计要求。

**关键词:** 车载迫击炮; 车架; 有限元; 结构刚度、强度  
**中图分类号:** TJ303 **文献标志码:** A

## Finite Element Analysis of Certain Type Vehicle-Mounted Mortar's Frame Construction Based on ABAQUS

Tao Qigang, He Yong, Zhao Wei, Song Jiao  
(School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Technology & Engineering, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** In this paper we carried out the static and dynamic analysis by finite element method in order to check out the vehicle-mounted mortar's frame construction whether it reached the design requirements. The frame model is built with Solidworks(the three-dimensional design software), which is imported into ABAQUS(the finite element analysis software) after it is properly simplified, and then its finite element simulation of stiffness and strength is calculated, the stress and the curve of displacement is gained. The results show that the results of dynamic analysis is more closer to the real stress condition, and the overall stiffness and strength performance of the frame is correct basically, but the local stress of the sixth crossbeam is greater than the material allowable stress, so thickness should be considered and put forwards some improving measures, the results of improvement show that frame stiffness and strength satisfies the designing requirements.

**Key words:** vehicle-mounted mortar; frame; finite element; structure stiffness and strength

### 0 引言

火炮是当今世界各国海、陆、空军装备数量最多, 使用最为频繁的武器系统, 具有威力大、射程远、可靠性好、效费比高、持续战斗力强等特点, 在现代及未来战争中具有举足轻重的作用<sup>[1]</sup>。某车载迫击炮是一种由带反后坐装置的迫击炮和越野车底盘构成一体, 可长距离自行机动的火炮。在车载迫击炮的底盘系统中, 最基础的部分是车架, 它除了承受静载荷和行驶过程中的动载荷外, 还要承受火炮射击过程中所产生的后坐力, 其性能对迫击炮的射击精度、射击稳定性、安全性等综合性能有着重要的影响。笔者用有限元方法对车载迫击炮射击过程中车架的受力情况进行分析, 检验其刚度、强度是否满足该车载炮的设计要求, 能否保证车载炮正常工作, 为车载迫击炮的结构设计提供依据。

### 1 车载迫击炮受力分析

图 1 所示为某车载迫击炮受力示意图。发射时,

车架承受重力和后坐力作用<sup>[2]</sup>。迫击炮的反后坐装置与车架第 6 横梁连接在一起, 迫击炮射击过程中, 后坐力将直接传递到车架第 6 横梁上。

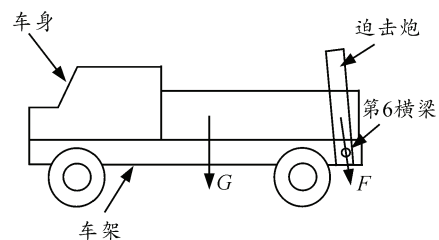


图 1 某车载迫击炮受力示意图

### 2 车架有限元模型的建立

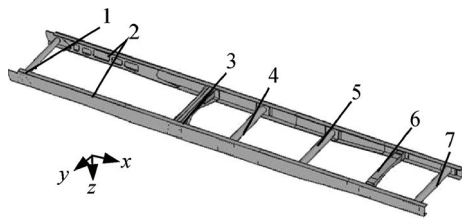
#### 2.1 三维模型导入

笔者利用 Solidworks 三维设计软件建立车架的几何模型。基于车架的受力情况及为了便于网格划分, 对车架结构进行合理简化。车架结构中的一些小尺寸结构, 如小孔、开口等, 可忽略掉。小圆角结构简化为直角。车架上的一些附属结构如悬置点、

收稿日期: 2013-04-04; 修回日期: 2013-05-15

作者简介: 陶齐冈(1989—), 男, 湖北人, 工学硕士, 从事火炮结构有限元分析研究。

吊耳, 在分析中不承受力的作用, 也可忽略掉<sup>[3]</sup>。简化后的车架模型如图 2 所示, 图中标号 7 即为承受后坐力的第 6 横梁。



1: 第 1 横梁; 2: 纵梁; 3: 第 2 横梁; 4: 第 3 横梁; 5: 第 4 横梁; 6: 第 5 横梁; 7: 第 6 横梁。

图 2 简化后的车架三维实体模型

### 2.2 单元类型及网格划分

导入到 ABAQUS 中的车架为实体模型, 车架结构尺寸相对较大, 采用实体单元与壳单元相结合的方法来计算分析。车架纵梁和横梁主要为钢板冲压件, 可用壳单元来建立模型<sup>[4]</sup>, 纵梁与横梁的连接部分采用实体单元。实体单元类型为 C3D20, 壳单元类型为 S8R<sup>[5]</sup>。

### 2.3 材料属性

车架材料为 QSTE420TM(冷成型热轧汽车结构钢板), 其屈服强度  $\geq 420$  MPa, 抗拉强度为 480~620 MPa, 弹性模量为  $210E+3$  MPa, 泊松比为 0.3, 密度为  $7.82 \times 10^3$  kg/m<sup>3</sup>, 在 ABAQUS 中完成车架各零部件的材料属性及厚度定义<sup>[6]</sup>。

### 2.4 约束及加载

车架各部件之间采用绑定约束 (tie) 用于模拟面与面之间的焊接、螺栓及铆钉连接<sup>[7]</sup>, 同时给予一定的距离容限值, 此值稍大于各部件接触面之间的距离。

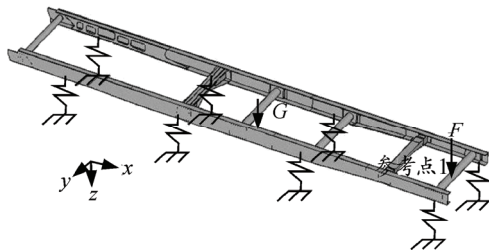


图 3 车架承载模型

车载迫击炮射角为  $40^\circ \sim 85^\circ$ , 笔者对车载迫击炮按近似  $90^\circ$  射角射击的工况进行计算分析, 这样做对车架整体受力分析影响不大。给车架施加重力加速度  $9.8$  m/s<sup>2</sup>。在车架尾部第 6 横梁中点处建立一参考点 1, 在参考点 1 处施加一个集中力  $F$  为

$784E+2$ N 的最大后坐力, 方向垂直向下。

车架前、后悬架共简化为 8 个位于悬挂支点的弹性连接, 弹簧刚度等效为悬挂刚度。车架承载模型如图 3 所示。

## 3 车架受力分析结果

### 3.1 车架静力学分析

静力学分析中, 车架第 6 横梁承受稳定的最大后坐力和重力。图 4 为车架第 6 横梁处应力云图。由图 4 可知, 车架整体所受应力大都在 118.9 MPa 以下, 小于材料许用应力 420 MPa。车架所受应力最大的区域在车架尾部第 6 横梁中部, 最大应力为 713.7 MPa, 大于材料许用应力。车架最大位移为 36.43 mm。

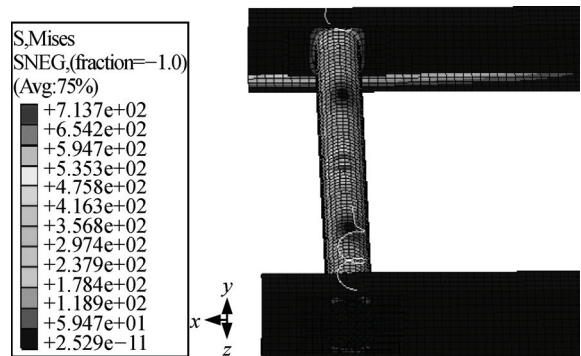


图 4 车架第 6 横梁处应力云图

### 3.2 车架动力学分析

动力学分析中, 车载迫击炮射击过程中第 6 横梁承受的后坐力随时间变化而变化。作用在第 6 横梁参考点 1 处的后坐力有效时间为 100 ms, 后坐力  $F$  大小为  $784E+2$ N, 100 ms 后后坐力  $F$  为 0, 本次计算时间为 400 ms, 后坐力  $F$  随时间变化的幅值如表 1 所示。

表 1 后坐力  $F$  随时间变化的幅值

序	$t$ /ms	Amplitude
1	0	0
2	20	1
3	80	1
4	100	0
5	400	0

图 5 为车架第 6 横梁处应力云图。由图 5 可知, 车架整体所受应力大都在 111.8 MPa 以下, 小于材料许用应力 420 MPa。在 100 ms 的后坐力有效作用时间内, 车架在 80 ms 时所受应力最大, 最大应力位于车架第 6 横梁中部, 最大应力为 670.6 MPa, 大于材料许用应力。

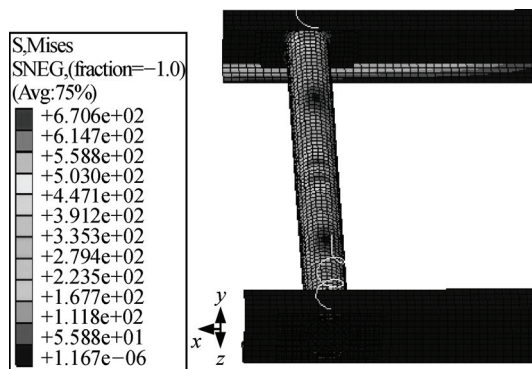
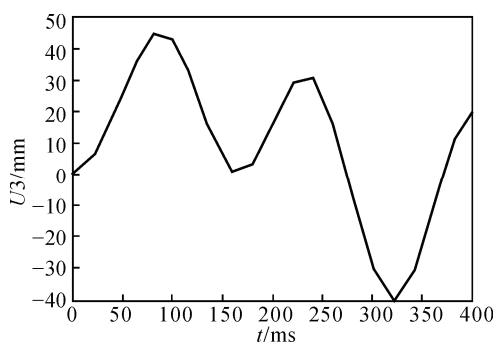


图 5 车架第 6 横梁处应力云图

图 6 为车架第 6 横梁参考点 1 在 Z 方向 ( $U_3$ ) 上随时间变化的位移曲线。由图 6 可知, 车架第 6 横梁在 80 ms 时有最大位移 44.6 mm。100 ms 后, 后坐力减为 0, 车架在重力及弹簧弹力作用下自由振荡、逐渐衰减, 位移最终将趋于 0。

图 6 车架第 6 横梁上参考点 1 在 Z 方向 ( $U_3$ ) 位移曲线

### 3.3 车架静、动态结果对比

车架静态分析最大应力为 713.7 MPa, 动态分析最大应力为 671 MPa, 静态分析得出的应力大于动态分析得出的应力。静态分析的结果偏保守, 动态分析得出的结果更接近于真实受力状况。最大应力位于第 6 横梁处, 且大于材料的许用应力 420 MPa, 第 6 横梁处需考虑加厚。

初步考虑可在第 6 横梁上添加一承力薄壁结构, 如图 7 所示, 该承力结构直接与第 6 横梁及纵梁相连, 既起到了加强第 6 横梁的作用, 又可将第 6 横梁所承受的后坐力分布到车架纵梁结构上, 从而可以有效减轻第 6 横梁的受力不合理状况。

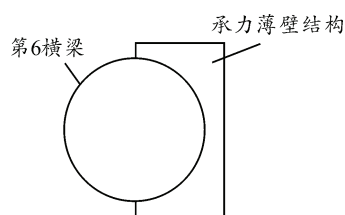


图 7 承力薄壁结构示意图

### 3.4 改进后的车架结构静力分析

由图 8 可知, 改进后的车架第 6 横梁处最大应力为 69.56 MPa, 远小于材料许用应力 420 MPa, 符合设计要求, 有效减轻了第 6 横梁的受力不合理状况。车架位移为 15.9 mm, 相较于改进前的车架最大位移 36.43 mm 而言, 车架整体刚度较好。

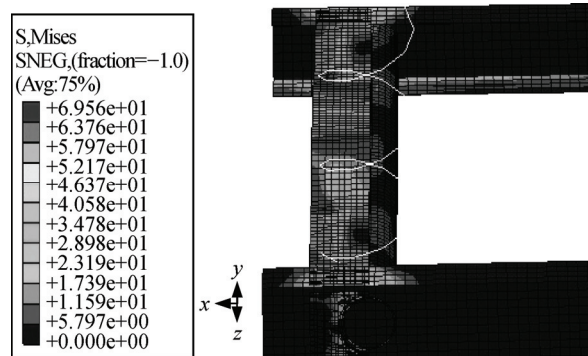


图 8 改进后的车架第 6 横梁处应力云图

## 4 结束语

笔者运用 Solidworks 三维设计软件对某车载炮车架进行建模, 将车架结构简化后导入到 ABAQUS 有限元分析软件, 计算车架在重力及后坐力作用下产生的应力及位移。通过对静态、动态分析结果比较, 动态分析得出的结果更接近车架真实的受力状况, 车架第 6 横梁处存在强度上的缺陷, 提出了具体的改进措施, 改进后的结果表明车架刚度符合设计要求。该计算分析对该车载迫击炮的结构设计具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 谈乐斌, 张相炎. 火炮概论[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005: 3.
- [2] 张世毓, 何永, 何庆国. 某车载多管火炮降低后坐力结构分析[J]. 兵工自动化, 2012, 31(10): 12-13.
- [3] 周成, 顾克秋, 卢其辉, 等. 履带式自行火炮发射动力学仿真建模[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(6): 20.
- [4] 钟佩思, 辛纪光, 刘风景, 等. 基于 Hypermesh 的中型货车车架有限元分析与优化[J]. 煤矿机械, 2009, 30(4): 6-8.
- [5] 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: 53-62.
- [6] 杨海平, 王良模, 彭曙兮, 等. 基于 CAE 技术的某越野车车架分析[J]. 机械科学与技术, 2011, 30(6): 1001-1006.
- [7] 曹金凤, 石亦平. ABAQUS 有限元分析常见问题解答[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 102.