

基于 Adams 的钢板弹簧动力学仿真模型研究

肖雄 王志超 程远方 李晓峰 张海伟
(国营洛阳丹城无线电厂 河南 洛阳 471000)

摘要: 以某型运弹车钢板弹簧为研究对象, 利用 Adams 软件建立该钢板弹簧的三连杆仿真模型, 用 Isight 优化软件集成 Adams、Matlab 对三连杆模型的关键参数进行了识别, 保证三连杆模型能真实模拟该钢板弹簧刚度。钢板弹簧三连杆模型的建立对整车平顺性分析具有重要意义。

关键词: 钢板弹簧; 动力学模型; 三连杆

0 引言

某型运弹车是转运多型精密产品的运输工具, 其平顺性关系着产品的性能可靠性, 因此该型运弹车有必要进行多体动力学平顺性分析, 而钢板弹簧作为影响整车平顺性的关键部件, 其动力学模型的准确性具有重要的研究意义。

1 三连杆模型的建立

三连杆模型结构简单, 运算速度快, 能准确模拟钢板弹簧刚度, 在整车动力学仿真中应用较为广泛。某型运弹车采用吊耳式多片钢板弹簧, 簧片部分简化为三根连杆, 长度依次为 L_1 、 L_2 、 L_3 ; 吊耳简化为一根连杆, 长度为吊耳实际长度 C 。模型示意图见图 1。

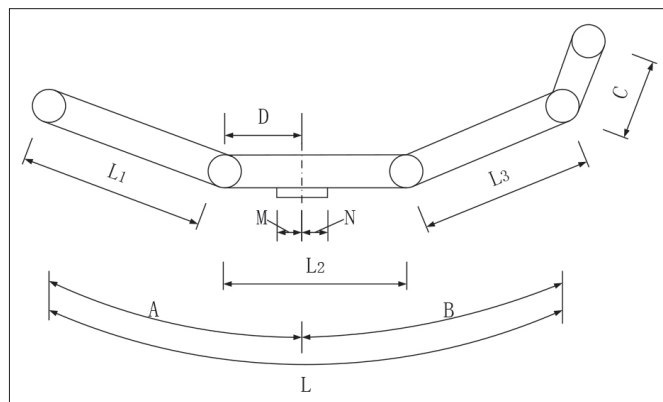


图 1 模型示意图

图 1 中, L 为主簧片长度; A 为主簧片前半部分长度; B 为主簧片后半部分长度; M 为簧座前半部分长度; N 为簧座后半部分长度; D 为中间连杆前半部分长度。各连杆长度计算公式如下:

$$L_1 = 0.75 (A - M)$$

$$L_3 = 0.75 (B - N)$$

$$L_2 = L - (L_1 + L_3)$$

$$D = A - L_1$$

利用 Adams 动力学仿真软件建立三连杆模型, 首先根据各连杆长度和钢板弹簧安装位置建立连杆铰接处 marker 点, 以此绘制连杆模型。相邻连杆间、两端连杆与大地间在铰接处建立旋转副, 簧座中心位置添加垂向作用力, 三连杆间旋转副上添加扭转弹簧。利用 Adams 建立的三连杆模型见图 2。

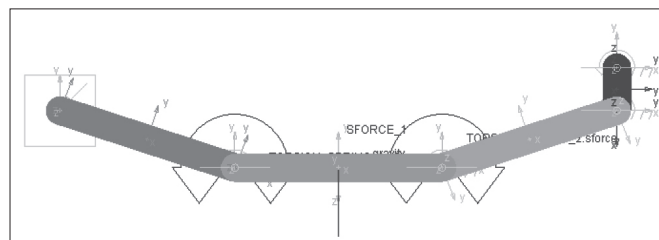


图 2 三连杆模型图

2 模型关键参数识别

为准确模拟钢板弹簧刚度, 需要对模型关键参数扭转弹簧刚度进行参数识别。扭转弹簧刚度表达了扭矩与转角的相对关系, 可用关于转角的三次多项式表示。转角为相邻连杆坐标系相对旋转角度, 用 PHI 函数返回, 多项式系数用定义参数变量表示, 两个扭转弹簧刚度函数表达式为:

$$DV_1 * PHI()^{**3} + DV_2 * PHI()^{**2} + DV_3 * PHI() + DV_4$$

$$DV_5 * PHI()^{**3} + DV_6 * PHI()^{**2} + DV_7 * PHI() + DV_8$$

经过以上设置, 扭转弹簧刚度参数识别的对象为 $DV_1 \sim DV_8$ 。

本文采用 Isight 优化软件集成 Adams 和 Matlab 对 $DV_1 \sim DV_8$ 进行参数识别, 数据流见图 3。Optimization 为优化算法组件, 内置多岛遗传算法、模拟退火算法等多种优化算法, 通过调用指定优化算法算出参数最优解; Simcode 程序集成组件集成了 Adams 软件; Matlab 软件用于约束方程和目标方程的运算, 并将运算结果输出到 Optimization 组件。参数识别具体过程为: 优化目标参数 $DV_1 \sim DV_8$ 在 Optimization 组件和 Simcode 组件中进行定义; Simcode 组件调用 dat 文件、bin 文件启动 Adams 软件, 并调用 cmd 文件将 Optimization 组件算出的参数结果输入到 Adams 软件中; Adams 软件使用输入的参数进行模型运算, 运算结果生成 txt 文件; Simcode 组件读取该 txt 文件将数据输出到 Matlab 软件中进行约束方程和目标方程的运算。

优化目标参数: $DV_1 \sim DV_8$ 。

目标方程: $\min |X_0 - x_0|$, 即满载时垂向位移与目标位移差值最小。

约束方程: $\max |X_i - x_i| \leq 1$ ($i=1, 2, \dots, 7$), 即选取

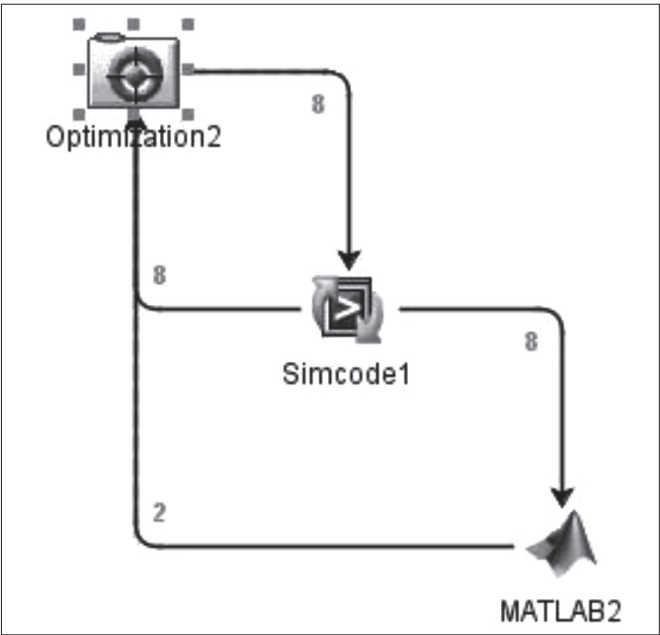


图 3 Isight 软件数据流

的 7 个时间点垂向位移与目标位移差值不大于 1mm。
在 Optimization 组件中选用多岛遗传算法进行参数识别，经 3000 次计算，第 2426 次计算结果为最优解，计算过程数据分布图见图 4，目标参数最优解见下表。
将目标参数最优解输入 Adams 软件中进行模型运算，得出三连杆模型的刚度曲线。三连杆模型的刚度曲线与钢板

表 目标参数最优解

目标参数	DV_1	DV_2	DV_3	DV_4
最优解	85	27	259	615366
目标参数	DV_5	DV_6	DV_7	DV_8
最优解	-82	-37	287	47167

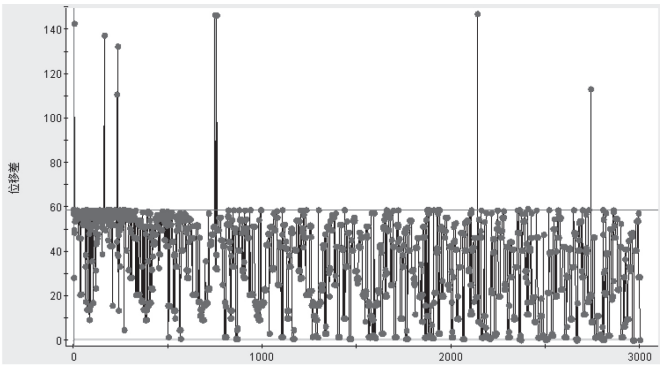


图 4 计算过程数据分布图

弹簧刚度曲线对比图见图 5，从图中可以看出三连杆模型模拟钢板弹簧刚度的准确性好。

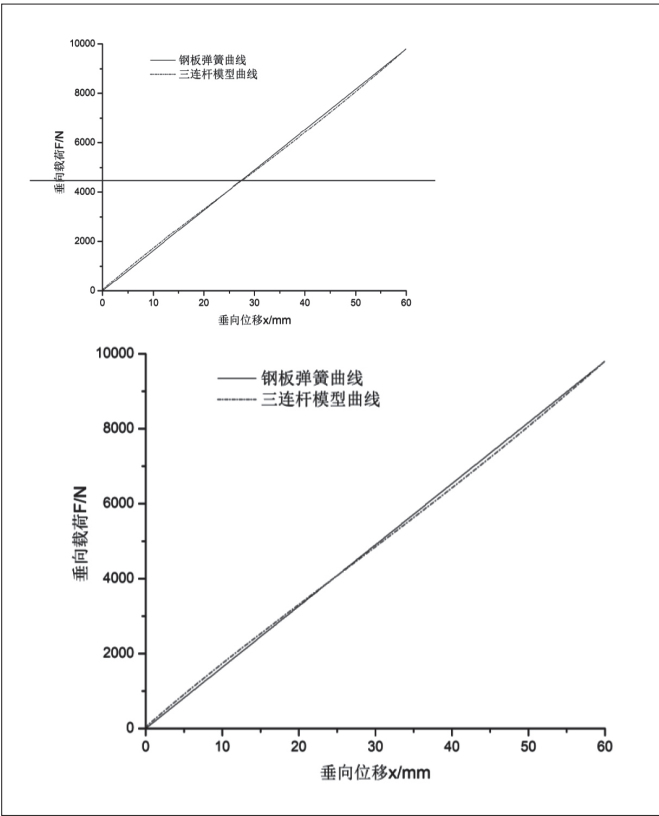


图 5 刚度曲线对比图

3 结语

钢板弹簧三连杆动力学模型结构简单，运行效率高，适用于整车平顺性仿真。利用 Isight 集成优化软件对三连杆模型进行关键参数识别，从计算结果可以看出，该识别方法可靠，三连杆模型模拟钢板弹簧刚度准确性好，为某型运弹车平顺性分析打下良好基础。

参考文献：

[1] 景立新, 郭孔辉, 卢荡. 钢板弹簧三连杆模型参数辨识研究 [J]. 汽车技术, 2010(12):10-13.
[2] 侯永涛, 魏银雷, 曾发林. 基于 ADAMS 钢板弹簧多体动力学模型的参数辨识 [J]. 机械设计, 2014(9): 44-49.
[3] 侯永涛, 于凯, 嵇嘉琪. 钢板弹簧三连杆模型的建立与参数辨识 [J]. 机械设计与制造, 2017(9):183-186.

作者简介: 肖雄 (1989-), 男, 汉族, 河北保定人, 工学硕士, 研究方向: 结构力学。