

文章编号: 1009—444X(2008)03—0215—03

大客车横向稳定杆有限元分析

周 栋¹, 黄 虎¹, 刘新田¹, 李 婷²

(1. 上海工程技术大学 汽车工程学院, 上海 201620; 2. 上海申龙客车有限公司, 上海 201108)

摘要: 针对大 客车 横向稳定杆的受力情况, 利用 传统方法计算其角刚度, 建立横向稳定杆的有限元模型, 并根据使用 要求设置边界条件, 进行有限元分析和角刚度计算。同时, 将两种方法所得的计算结果进行 对比, 得到大 客车横向稳定杆角刚度计算中传统方法和有限元法各自的特点和 不足。

关键词: 横向稳定杆; 角刚度; 有限元分析

中图分类号: U 463.33 **文献标志码:** A

Finite Element Analysis of Stabilizer Bar on Urban Bus

ZHOU Dong¹, HUANG Hu¹, LIU Xin-tian¹, LI Ting²

(1. College of Automobile Engineering, Shanghai University of Science Engineering, Shanghai 201620, China;
2. Shanghai Shenlong Bus Company Ltd. Shanghai 201108, China)

Abstract: The stress situation of the transverse stabilizer bar on urban bus was described. Traditional methods were used to calculate its angular stiffness. Then the finite element model of the stabilizer bar was built and analysed by setting the boundary conditions according to the operating requirements. Meanwhile the feature and the shortage of the traditional method and the finite element method in calculatiibg the stiffness of the stabilizer bar were discussed by comparing the results obtained by the two methods.

Key words: transverse stabilizer bar; angular stiffness; finite element analysis

横向稳定杆作为汽车底盘悬架系统中的重要零部件之一, 可以在保证汽车行驶平顺性的前提下提高悬架的侧倾角刚度, 使汽车在路况不平或转弯时能够减少车身倾角、行驶平稳, 即兼顾汽车的操纵稳定性^[1, 2]。目前市场上无论轿车、运动型多功能车 (Sports Utility Vehide, SUV) 等基本都装配了横向稳定杆, 客车、卡车也越来越多地装配了横向稳定杆。装有稳定杆的车辆行驶较稳定、舒适, 翻车几率大大降低。据统计, 在路况差, 急转弯时, 装有稳定杆的车辆翻车概率可降低 60% ~ 80%^[3]。因此, 在汽车悬架的设计过程中, 横向稳定杆的设计计算显得尤为重要。

收稿日期: 2008—07—20
基金项目: 上海市高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金资助项目(GJD07021)
作者简介: 周 栋 (1986—), 男, 浙江鄞县人, 在读硕士, 研究方向为汽车底盘有限元分析。

本文以大客车为例, 研究横向稳定杆。大客车的横向稳定杆多成“U”形。稳定杆两端通过稳定杆销与前后桥下支座的孔相连, 中间通过稳定杆吊臂(含橡胶衬套)与车架相连。汽车转弯时车身侧倾, 稳定杆一端下移, 另一端上移, 则稳定杆受扭, 其扭转的内力矩阻碍了悬架弹簧的变形, 从而减小汽车的侧倾, 使其保持良好的姿态。横向稳定杆一般在折弯处出现最大应力, 并沿着悬臂依次减小。

1 传统方法计算前后横向稳定杆角刚度

传统方法计算横向稳定杆的角刚度一般采用逐段积分的方法。如果横向稳定杆的形状比较复杂, 则逐段积分会比较困难, 而且工作量大, 此时, 通常都将横向稳定杆的模型简化成规则的形状去计算, 如图 1 所示。

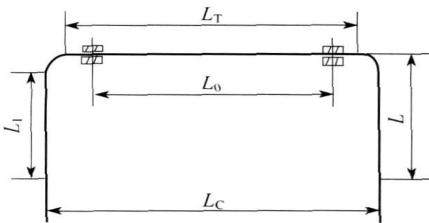


图 1 横向稳定杆简化模型

Fig. 1 Transverse stabilizer bar

传统方法计算横向稳定杆角刚度^[4,9]为

$$C_{\varphi} = \frac{L_C^2}{\frac{L^2 L_T}{GI_P} + \frac{L_0(L_C - L_0)^2}{12EI}} \quad (1)$$

式中: I_P —横向稳定杆截面的极惯性矩, $I_P = \frac{\pi D^4}{32}$;

I —横向稳定杆截面的惯性矩, $I = \frac{\pi D^4}{64}$;

E —拉压弹性模量, $E = 2.01 \times 10^5 \text{ MPa}$;

G —剪切弹性模量, $G = 8.1 \times 10^4 \text{ MPa}$;

D —横向稳定杆直径, $D = 42 \text{ mm}$ 。

将前、后横向稳定杆的相应参数代入式(1), 得到前后横向稳定杆的角刚度计算结果, 如表 1 所示。

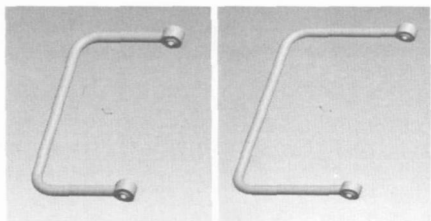
表 1 前后横向稳定杆的参数及计算结果
Tab. 1 The parameters of the front and the rear stabilizer bars and the results

参数/mm	前横向稳定杆/mm	后横向稳定杆/mm
L_T	580	758
L_0	480	660
L_1	299	419
L	380	500
L_C	742	920
I_P/mm^4	305 335.17	
I/mm^4	152 667.585	
$C_{\varphi}/(10^8 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot \text{rad}^{-1})$	1.357 2	0.902 2

2 有限元法计算前后横向稳定杆角刚度

2.1 建立有限元模型

在 Pro/E 软件中建立大客车前后横向稳定杆模型, 如图 2 所示。



(a) 前横向稳定杆 (b) 后横向稳定杆

图 2 前后横向稳定杆模型

Fig. 2 The front and the rear stabilizer bars

将前后横向稳定杆模型导入 ANSYS 软件。定义分析类型为结构静态分析, 选取 Solid 单元类型中 20node 95 单元, 定义材料 50CrVA 的弹性模量为 201 GPa, 泊松比为 0.29; 分配给单元“Volume”属性, 采用最精细的自由网格划分。选取横向稳定杆中间处的节点, 定义为全约束; 选取横向稳定杆与稳定杆吊臂接触处的节点, 定义 X 、 Y 、 Z 3 个方向的线约束。最后在横向稳定杆一端 Y 方向添加 10 000 N 集中力。前横向稳定杆有 32 506 个节点, 170 496 个单元; 后横向稳定杆有 40 702 个节点, 220 145 个单元。建立的前后横向稳定杆有限元模型如图 3 所示^[6]。

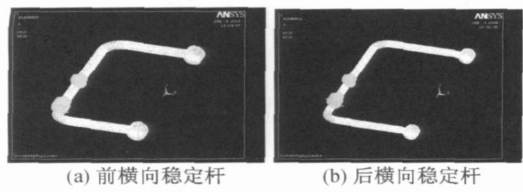


图 3 前后横向稳定杆有限元模型

Fig. 3 The finite element model of the stabilizer bars

2.2 有限元分析结果

通过 ANSYS 软件中求解器的计算, 得到前后横向稳定杆的等效位移分别如图 4、图 5 所示。

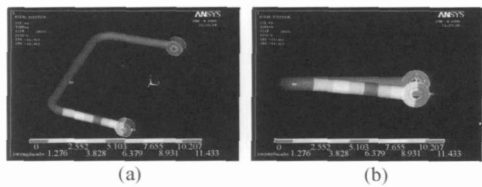


图 4 前横向稳定杆的等效位移图

Fig. 4 The equivalent displacement diagram of front stabilizer bar

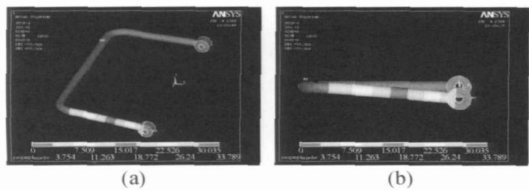


图 5 后横向稳定杆的等效位移图

Fig. 5 The equivalent displacement diagram of rear stabilizer bar

如图 4、5 所示, 前后横向稳定杆的最大位移均出现在拳状部分, 前横向稳定杆销孔处的位移为 10.207 mm, 后横向稳定杆销孔处的位移为 30.035 mm。

2.3 计算横向稳定杆角刚度

由有限元的分析结果计算横向稳定杆角刚度的过程如下:

1) 将施加在横向稳定杆端部的集中力换算成作用于其上的转矩为

$$M = FL \tag{2}$$

2) 将横向稳定杆与稳定杆下销相连处(拳状销孔处)的位移换算成横向稳定杆悬臂的角位移

$$\varphi = \arctg \frac{h}{L} \approx \frac{h}{L} \tag{3}$$

3) 横向稳定杆角刚度的计算式为

$$C_{\varphi} = \frac{M}{\varphi} \tag{4}$$

根据式(2~4)计算, 前横向稳定杆悬臂角位移约为 0.026 86 rad, 角刚度为 $1.414 7 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm/rad}$; 后横向稳定杆悬臂的角位移约为 0.060 07 rad, 角刚度为 $0.832 4 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm/rad}$ 。

3 结 语

本文分别应用传统方法和有限元法对大客车前后横向稳定杆的角刚度进行计算。对比计算结果, 可知传统方法相对于有限元法的误差分别为 4.06 %和 8.39 %。由于传统方法的计算模型是经过简化的, 其本身存在模型误差, 故计算结果存在一定误差。而有限元法直接将实物模型作为研究对象, 只要边界条件设定正确, 其计算结果可以保证较高的精度。

目前, 在国内大客车的生产过程中, 由于许多零件是凭借工程技术人员的经验而设计的, 加之大客车多为小批量生产, 生产厂家在节约材料方面没有引起重视, 导致在大客车制造过程中许多零件并不能达到物尽其用的效果, 造成资源浪费。运用有限元法进行仿真不仅可以了解到零件在实际工作过程中的状态, 从而提高零件设计开发的合理性, 而且可以大大缩短零件设计开发时间, 避免大量重复试验, 节省研发费用和生产成本。

参考文献:

[1] 陈家瑞. 汽车构造(下册)[M]. 第 5 版. 北京: 人民交通出版社, 2006.

[2] HALDERMAN J D, MITCHELL C D. Automotive chassis systems[M]. Toronto: pearson/ prentice Hall, 2004.

[3] 冀永相. 汽车横向稳定杆制造[J]. 金属世界, 2008, (2): 33—34.

[4] 陶家念. 客车悬架系统的设计[J]. 专用汽车, 1998, (4): 28—33.

[5] 丁能根, 张宏兵, 冉晓凤, 等. 横向稳定杆性能计算及其影响因素分析[J]. 汽车技术, 2007, (2): 19—22.

[6] 廖 芳, 王 承. 横向稳定杆建模方法研究[J]. 汽车技术, 2006, (7): 5—8.