

文章编号: 1001- 3997(2007)01- 0070- 02

先进
制造

材料性能及其结构分析对车门设计的影响*

梁 亮^{1,2} 韩立强³ 邵扬⁴ 岳晓峰⁵

(¹ 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)(² 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

(³ 长春工程学院 机电工程学院, 长春 130012)(⁴ 长春理工大学 机电工程学院, 长春 130012)

(⁵ 长春工业大学 机电工程学院, 长春 130012)

Effect of material property and structure on the design of automobile door

LIANG Liang^{1,2}, HAN Li-qiang³, SHAO Yang⁴, YUE Xiao-feng⁵

(¹ Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China)

(² Graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)

(³ Changchun Institute of Technology, Changchun 130012, China)

(⁴ Changchun University of Science and Technology, Changchun 130012, China)

(⁵ School of Mechatronics Engineering, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

【摘要】介绍了车身设计中利用先进计算机模拟软件进行模拟分析的重要性。以某型号车门为研究对象,在相同加载情况下,分析了车门关闭和开启状态下的性能。探讨了车门在这两种状态下的能量平衡、门锁处 Z 向位移以及车门内板应力分布情况。进行模拟分析之后,发现车门变形较大,门板角落处存在应力集中,在铰链处应力集中比较严重。通过深入分析,提出了具体的改进措施,为新车型的开发研究提供了有力支持。

关键词: 计算机模拟; 结构分析; 材料性能; 铰链

【Abstract】The significance of using computer simulation software to design new type automobile is presented in this paper. The performance of the open and close auto-door under the same load was analyzed. This paper discussed the energy distribution, Z directions displacement and stress distribution of the door. By simulation analysis we found that door deformation is obvious, stress concentration exist at corner; especially at door hinge. After detail analysis provided improve method to support the development of new type automobile.

Key words: Computer simulation; Structure analysis; Material property, Hinge

中图分类号: V46 文献标识码: A

1 引言

汽车作为现代化的交通工具,和人们的生活、生产有着密切相关的联系。由于我国交通安全状况比较严峻,因此,如何提高汽车运行安全性,在汽车碰撞过程中最大限度地保证乘员的安全,减少事故造成的伤害,提高汽车的被动安全性,具有现实重要性^[1]。

在我国,对于汽车产品的被动安全性的认识已经得到很高程度的重视,但国内有关汽车安全性的研究大多集中在已定型生产的实车检测方面,在产品的开发过程中进行安全性设计研究的投入还远远不够^[2]。因此着力于开展这方面的研究显得尤为迫切。汽车车身中车门是汽车上的关键部件,在汽车的使用过程中,由于车门本身的重量以及车门的频繁开关,使车门铰链受到较大的静载荷和动载荷的作用。如果强度不够,很容易造成门铰链在轴向或径向变形,致使车门关不上或关不严,使车门与车

身由于撞击而产生噪声,甚至断裂,严重影响行车的安全性和乘坐舒适性^[3]。

以某型号车门为研究对象,应用仿真技术对车门外板、车门内板、A 柱、风窗立柱(三层板)、前围(部分)、地板(部分)等部件进行考核,着重分析了车门的垂直刚度。在相同加载力曲线作用下,对比分析了车门开启和关闭两种状态下能量分布、节点位移、车门内板应力分布等几个方面。在仿真计算结果的基础上,通过分析为设计修改提供建议和依据,降低了开发成本,同时也大量缩短了新车型的开发周期。

2 有限元模型的建立

首先建立车门数字化模型,本项研究用 CAD 建模数据由 UG 完成。模型中包括部件:车门外板、车门内板、A 柱、风窗立柱(三层板)、前围(部分)、地板(部分)。通过有限元前处理软件

* 来稿日期: 2006-05-22 * 基金项目: 吉林省科技发展基金项目 20030531-2

Hypermesh6.0 进行网格划分, 共生成单元 15465 个, 节点 18689 个, 有限元模型如图 1 所示, 图 1a 为关闭状态, 图 1b 为开启状态。在网格划分过程中注意到网格大小的合理布置, 对于大变形区进行网格合理细化, 从而尽可能高地保证计算精度。在有限元模型建模过程中为了保证精度, 还对三角单元的个数进行了严格的控制, 对四边形单元形状如长宽比、翘曲度、最大角、最小角等都做出了严格的规定。

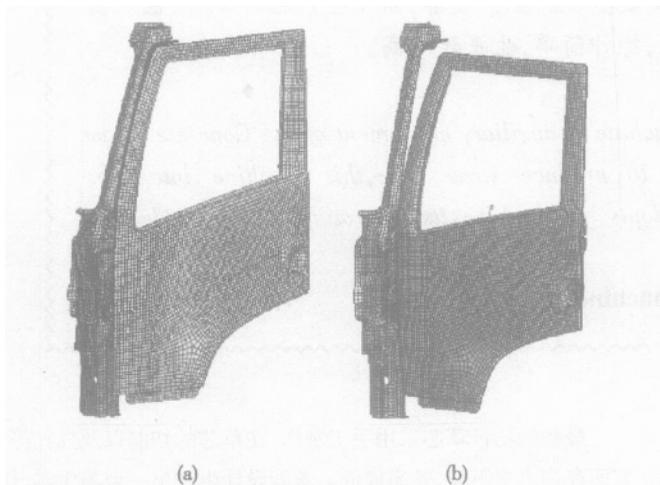


图 1 车门模型 (a) 关闭状态 (b) 开启状态

Fig. 1 Model of the automobile door (a) closing status (b) opening status

3 约束条件

位移边界条件: 地板、前围、风窗边框等截取部件截取点 X、Y、Z 三方向位移和旋转固定 (全约束: 123456)。加载方式: 车门门锁处 Z 方向加载。本研究考虑到门内板的变形特点, 选用变形位移、板料中间 Z 方向(即冲压方向)的应力值和能量平衡作为评价性能好坏的主要指标。加载时间共 4000ms, 最大纵轴加载力为 0.8kN。

4 结果分析

经过计算分析, 得到车门关闭和开启两种状态下, 能量平衡、节点位移、变形云图和应力分布图略。从能量平衡方面可以清楚地看出两种状态下内能随时间的变化趋势都是瞬时递增, 在 2000ms 以后达到最高值, 然后呈下降趋势。其中关闭状态下在 2000 和 2400ms 附近分别达到最高值 25 焦耳, 在 4000ms 时下降到 20 焦耳左右; 开启状态下在 2600ms 附近达到最高值 15 焦耳, 在 4000ms 时下降到 10.5 焦耳, 内能所能达到的最大值约为关闭状态的 60%。能量变化过程能清晰的说明车门变形过程。

通过对门锁处节点位移的分析, 可以理解能量变化曲线的规律。节点位移的产生意味着变形的产生。由于节点发生了位移, 从微观材料学角度出发, 可以把节点看作为材料内部的晶胞, 那么连接节点划分出的网格可以看作是晶格。节点的移动相当于晶胞的移动, 网格的变形相当于晶格的滑移。两者之间从原理上讲是完全相似的, 只是把晶胞的移动在一定程度上进行放

大就得到了节点的移动。根据材料学原理, 晶胞的移动是由于外力作用, 晶格畸变能的存在, 促使晶胞滑移, 这些移动的产生是大量分子参与运动的结果。

大量分子的热运动的出现势必产生材料内能的波动, 因此内能的波动促使晶格畸变能产生, 材料内部存在的大量位错获得了额外的能量, 在滑移系开动以后, 位错沿着滑移面开始不断运动, 运动过程中有的位错遇到了障碍, 位错被钉扎造成位错的缠结和塞积。随着位错密度的不断增加, 材料的硬度和强度呈增加趋势而塑性和韧性则呈下降趋势^[4]。

上述过程不断积累产生的结果即为材料在宏观上产生的塑性变形。从能量平衡曲线和节点位移曲线对照中, 可以清晰地看出随着位移的增加, 能量变化逐渐增大, 位移减少能量变化也减少, 两者的变化趋势完全吻合, 且在位移出现最大时间点处, 能量变化也最大。其中关闭状态下在 2000 和 2400ms 左右门锁处节点的位移达到了最大值, 能量曲线在这两点恰恰达到了最大值。

从车门变形和内板应力分布角度来说, 车门变形值较大, 应力值已经接近塑性变形临界应力值。无论是车门关闭还是车门开启状态, 车门角落处都存在应力集中, 在铰链处存在较大的应力集中, 结合表 1 发现计算结果同预期目标均有一定差距, 两项指标均未达到预期要求, 需要进一步的分析改进。

表 1 预期目标值和计算结果

Table 1 Anticipative Target Value and Computational Result

参数	目标值	关门状态	开门状态
门锁处 Z 向位移 (mm)	9	38.2 (4000ms)	14.6 (4000ms)
最大应力 (GPa)	0.2	0.304475 (2100ms)	0.2214 (2150ms)

5 结论

根据得到的结果, 现有车门结构不符合设计要求, 需要作如下几个方面的改进: 铰链处存在较大应力集中, 是设计失效模式和影响分析中需要考虑的主要因素。主要原因是铰链结构淡薄, 所以容易产生变形, 因此需要加强此关键部件的刚度。车门角落处存在应力集中点, 车门刚度明显不足, 车门 A 柱、车门内板等处都有不同程度的变形, 换取新型高强度材料代替原有材料, 提高车门的垂直刚度。需要进行部分结构改进, 加长上下铰链距离, 增加应力承载点, 以此减少应力集中, 提高车门的刚度。

参考文献

- 1 黄世霖, 李一兵, 张金换, 等. 汽车被动安全性试验研究[J]. 汽车工程, 1992, 14(4): 193-199.
- 2 贾宏波, 黄金陵, 郭孔辉, 等. 汽车车身结构碰撞性能的计算机模拟、评价与改进[J]. 吉林工业大学学报, 1998(2): 6-11.
- 3 陈效华, 于鹏晓, 王良模. 汽车门铰链动静强度试验系统[J]. 汽车工艺与材料, 2002(2): 32-33.
- 4 梁 亮, 韩立强, 高峰, 等. 形变孪晶对 50CrV4 汽车弹簧钢疲劳性能的影响[J]. 金属热处理, 2004, 29(10): 11-13.