

车身件 SKD 运输包装中的车载车架结构优化设计

刘鑫, 丁毅, 陈立民

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 基于车身件的 SKD 运输包装, 针对随机振动分析中车架强度不足的问题, 利用 Design Explore 对加强筋的角度及尺寸进行了优化设计, 选取了最优解, 使承载车架结构在重新设计后满足强度及变形量的要求。

关键词: 车身件; SKD; 运输包装; 承载车架; 结构优化设计

中图分类号: TB482.2; TB485.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2013)13-0062-04

Optimal Design of Frame Structure for Car Body in SKD Transport Packaging

LIU Xin, DING Yi, CHEN Li-min

(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Aiming at the insufficient strength problem of frame for SKD transport packaging of car body found in random vibration analysis, optimal design of the angle and size of the frame ribs was carried out using Design Explore. The optimal solution was obtained. The redesigned frame structure meets the requirements of strength and deformation.

Key words: car body; SKD; transport packaging; frame; optimal design of structure

目前我国的汽车包装多以 SKD 包装为主, SKD 包装指的是半散件包装(Semi-Knock Down)。而在设计车身单元布置方式时, 必须要考虑到集装箱的内尺寸, 它是设计承载车架的前提, 因为集装箱内尺寸决定了其容积大小, 也就是装载货物的最大尺寸。集装箱内尺寸是设计集装方案的必要数据。

1 SKD 初步设计及随机振动研究

1.1 SKD 初步设计^[1-2]

对汽车车身件进行运输包装设计时, 必须先考虑集装箱的尺寸。目前我国常用集装箱内尺寸参数见表 1。

车身承载框架最大的长度为 5800 mm, 宽度为 2320 mm, 这是按集装箱长宽尺寸来确定的, 若车架长宽尺寸过小, 易在集装箱内晃动。车架底座离地 40~60 mm, 可放置枕木或者将铁框架设计为类似托盘的结构, 以便于铲运。

在汽车 SKD 出口包装中, 集装箱多采用 40 英尺

表 1 集装箱尺寸参数

Tab. 1 Parameters of container size

类型	内尺寸 / m	配货毛重/t	体积/m ³
20 尺柜	5.95×2.34×2.38	一般为 17.5	24~26
40 尺柜	11.95×2.34×2.38	一般为 22	54
40 尺高柜	11.95×2.34×2.68	一般为 22	68
45 尺高柜	13.58×2.34×2.68	一般为 29	86
20 尺开顶柜	5.89×2.32×2.31	20	31.5
40 尺开顶柜	12.01×2.33×2.15	30.4	65
20 尺平底货柜	5.85×2.23×2.15	23	28
40 尺平底货柜	12.05×2.12×1.96	36	50

高柜, 车身离集装箱底部尺寸为 100 mm, 离顶部距离为 200 mm, 车身之间的距离为 150 mm, 车身离箱体两侧距离不考虑, 因为集装箱宽度为 2350 mm, 而轿车宽度小于 1700 mm, 车身在箱内宽度方向居中摆放。一般 40 英尺高柜内放置承载车架 2 个, 每个车架上放置 2 个车身总成件。车身在集装箱内的布置方式有多种形式, 包括交叉式、平置式及顺排式等, 见图 1。

收稿日期: 2013-04-05

作者简介: 刘鑫(1988-), 男, 西安人, 陕西科技大学硕士生, 主攻包装工程。

通讯作者: 丁毅(1953-), 男, 山东日照人, 硕士, 陕西科技大学教授, 主要从事包装工艺以及数字包装。

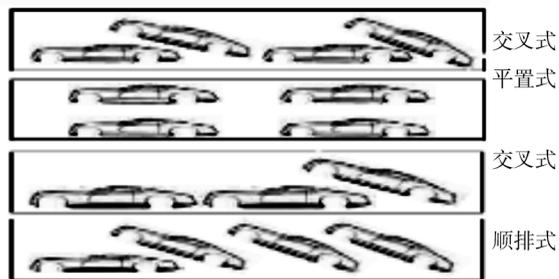


图1 布置方式分类
Fig. 1 Layout classification

布置方式的选择要充分考虑集装箱的装箱效率因素,否则会导致集装箱装箱效率过低甚至影响到发货期,造成不必要的损失。基于此,设计的车身交叉式放置展示图见图2。

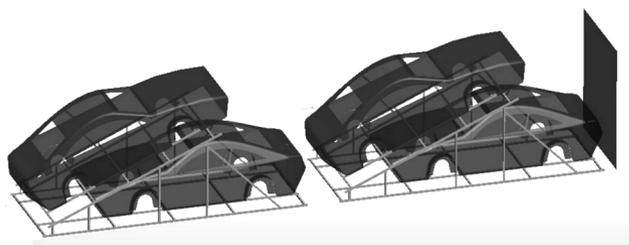


图2 交叉式放置展示图
Fig. 2 Display graph of cross type

以某一车型为例,前期测绘车身尺寸数据,由于有限元分析软件对模型的复杂度限制,要对模型进行简化以便于分析。使用 Pro/E 软件对车身建模,建立的车身模型见图3。

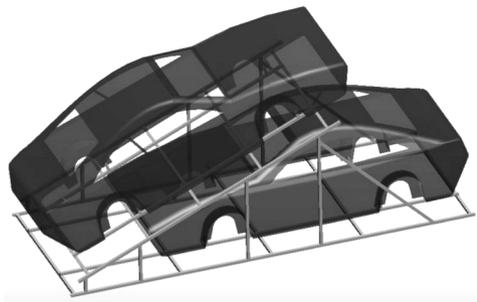


图3 车身包装单元模型
Fig. 3 The model of car body packaging unit

对车身总成和承载车架之间的连接方式进行简化,方便后续研究。简化后的螺钉连接模型见图4。

ANSYS Workbench 提供了多种网格划分方法。网格划分越细密,相应的计算量就越大,对计算机要求较高。为方便计算,采用自由划分网格,但是在连

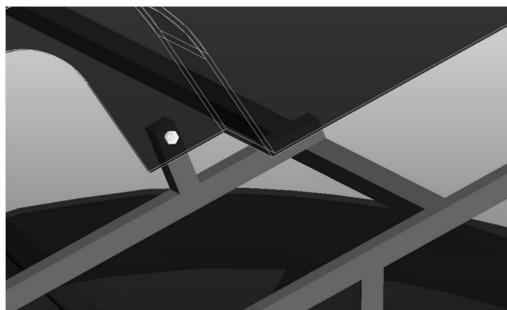


图4 连接方式
Fig. 4 Connection type

接部位存在接触,因此要进行网格的细化。经过网格划分,得到81 028个节点,38 528个单元,网格划分情况见图5。

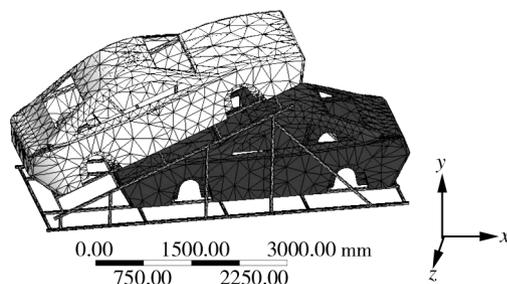


图5 车身包装单元网格划分
Fig. 5 Meshing of car body packaging unit

1.2 随机振动分析^[3]

ANSYS Workbench 的随机振动模块能够模拟在 PSD 路谱曲线作用下的随机振动过程。对于随机振动分析,需要输入的量包括结构的自然频率和振型,以及 PSD 曲线,随机振动仿真结果包括位移和应力。在这里,载荷指的是 PSD 路谱曲线,见图6。

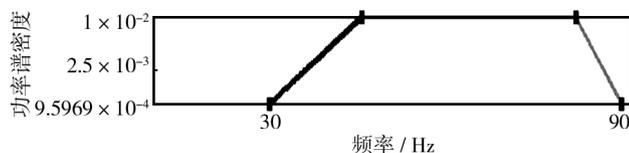


图6 PSD 路谱曲线

Fig. 6 PSD curve of road spectrum

通过路谱以及车身体材料属性的输入,进行随机振动分析,得出以下云图。

随机振动的变形量云图见图7,最大变形发生在承载车架上,最大变形量为5.7178 mm。随机振动应力云图见图8,由图8可知,最大应力出现在下面的车身与承载车架的连接处,最大应力为143.31 MPa,大

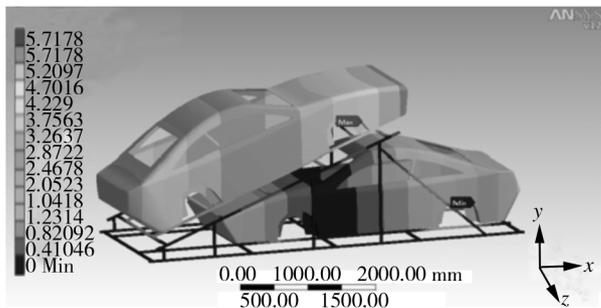


图7 随机振动位移云图

Fig. 7 Displacement contours of random vibration analysis

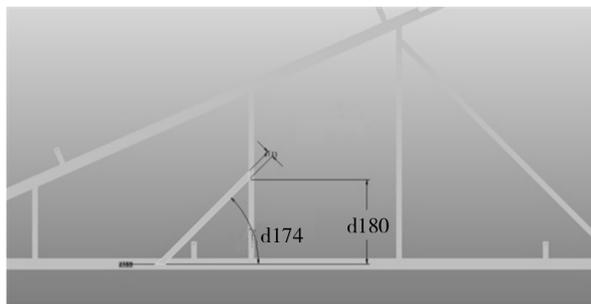


图9 增加加强筋后的模型

Fig. 9 Frame model after adding stiffeners

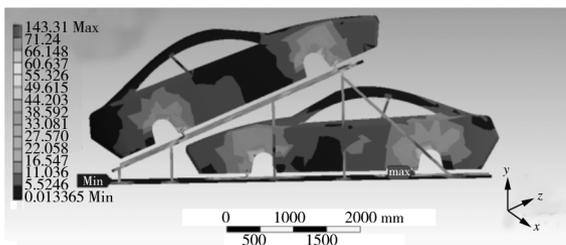


图8 随机振动等效应力云图

Fig. 8 Equivalent stress contours of random vibration analysis

于材料的许用应力 121 MPa, 因此不符合设计要求, 需重新设计承载车架结构。承载车架的重新设计主要考虑承载车架钢材的厚度及增加加强筋结构对整体包装单元产生的影响。由于承载车架使用的钢管具有标准尺寸系列的要求, 故在重新设计时主要考虑加强筋结构的影响。

2 承载车架结构优化设计

由随机振动分析可知, 原钢制框架结构不满足随机振动要求, 最大等效应力大于许用应力, 运输过程中易失效, 须重新设计。下面使用 ANSYS Workbench 软件的优化设计功能, 重构承载车架, 即采用 ANSYS Workbench 中的 Design Explorer 模块优化承载车架加强筋结构的尺寸和角度, 以达到强度要求。

如图 9 中所示, 加强筋尺寸参数 d180 及加强筋角度 d174 作为参数化设计的变量, 也就是 Design Explorer 的输入参数 (Input parameters)。由于模型为 Pro/E 中创建的三维模型, 导入 ANSYS Workbench 后的模型在 Design Modeler 中无法设置参数化, 故应在 Pro/E 软件中设置好参数作为参数化模型导入 Design Explorer。

在这里, 输出参数 (Output parameters) 为参数化模型在随机振动中的最大应力。然后在随机振动基础上添加优化设计 Design Modeler 模块, 对输出输入参数进行设置。经优化计算, 得到 10 组设计点, 即 10 组解, 见表 2。

表 2 计算 10 个设计点数据

Tab. 2 The data of ten design points

组别	P7 角度/(°)	P8 尺寸/cm	P6 最大等效应力/MPa
1	45	60	1.47
2	40.5	60	1.36
3	49.5	60	1.10
4	45	54	1.77
5	45	66	1.15
6	40.5	54	8.74
7	49.5	54	2.19
8	40.5	66	2.33
9	49.5	66	1.01
10	45	60	1.47

根据表 2 中最大等效应力、加强筋角度与尺寸之间的关系, 满足材料许用应力范围的设计点有 3 组, 分别是第 3, 5, 9 组。

选择第 9 个设计点作为此次优化设计的最优解, 加强筋角度为 49.5°, 长度为 66 cm, 最优解下的随机振动分析得到的等效应力云图见图 10, 可知最大等效应力为 14.8 MPa, 远远低于钢管许用应力 121 MPa, 基本满足设计要求。最优解下的随机振动位移云图见图 11, 通过位移云图可知, 最大变形量为 4.70 mm, 在设计允许范围内, 不会影响产品外观。

选择随机振动分析中位移最大的节点, 作位移及加速度响应谱分析, 位移最大点的位移及加速度响应谱曲线见图 12, 可见位移以及加速度的最大值在许

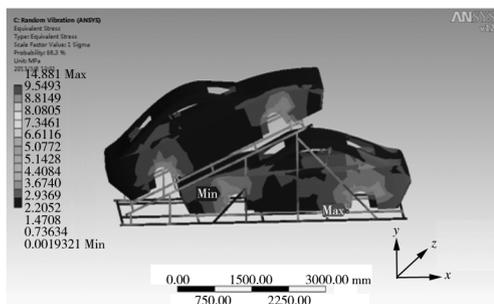


图 10 最优解下的随机振动等效应力云图

Fig. 10 Equivalent stress contours of random vibration analysis under optimum solution

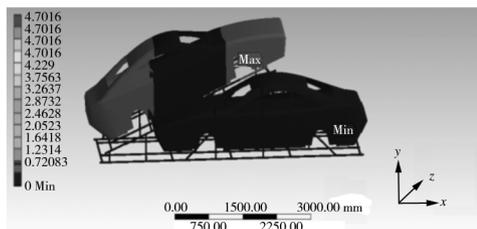


图 11 最优解下的随机振动位移云图

Fig. 11 Displacement contours of random vibration analysis under optimum solution

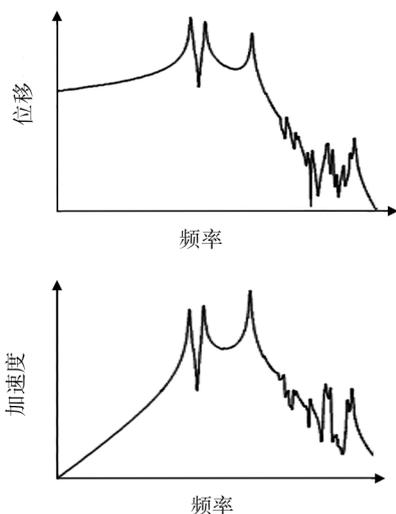


图 12 位移最大点的位移、加速度响应谱

Fig. 12 The response spectrum of displacement and acceleration

用范围之内。通过对上述结果的分析,可以知道承载车架结构的优化设计是可行的^[4-7]。

3 总结

针对随机振动分析中的车架强度不足的问题,利用 ANSYS Workbench 软件中的 Design Explore 模块对

加强筋的角度及尺寸进行了优化设计,选取最优解,使承载车架结构重新设计后可以满足强度及变形量的要求。通过优化设计,完善了汽车车身体件的 SKD 运输包装设计。

参考文献:

- [1] 丁毅,陈立民. 汽车 SKD 车身及散件集装方案初探[J]. 包装工程,2012,33(5):74-76.
DING Yi, CHEN Li-min. On Container Design Plan of Automobile Bodies and Parts in SKD Packaging[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(5):74-76.
- [2] 陈立民,丁毅. 汽车 SKD 包装中车身布置方式及散件集装方案探讨[J]. 包装与食品机械,2012,30(2):62-63.
CHEN Li-min, DING Yi. Preliminary Study on Automobile Body Arrangement of SKD Parts' Container Packaging Plan[J]. Packaging and Food Machinery, 2012, 30(2):62-63.
- [3] 路冰琳,陈振强. 铁路运输随机振动数据的分析与研究[J]. 包装工程,2008,29(2):82-84.
LU Bing-lin, CHEN Zhen-qiang. Analysis and Research of the Data to Railway Random Vibration[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2):82-84.
- [4] 杨朝丽. 规模化生产中的散件 SKD 的包装设计研究[J]. 包装工程,2008,29(12):1-3.
YANG Chao-li. Research on the Semi Knock Down Packaging Design of Spare Parts for Scale Production[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12):1-3.
- [5] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社,1999.
PENG Guo-xun. Logistics and Transport Packaging Design[M]. Beijing:Printing Press, 2006:16-20.
- [6] 李俊承,张思才,张方晓. 基于响应面法的刀口金属密封结构优化设计[J]. 包装工程,2012,33(5):32-33.
LI Cheng-jun, ZHANG Si-cai, ZHANG Fang-xiao. Optimization Design of Knife-edge Metal Sealing Structure Based on Response Surface Method[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(5):32-33.
- [7] 张海燕,赵亚鹏,张景霞. 印刷机恒力机构大拉簧的优化设计[J]. 包装工程,2008,29(2):38-39.
ZHANG Hai-yan, ZHAO Ya-peng, ZHANG Jing-xia. Optimum Design of the Big Extension Spring in Constant Force Mechanism of the Printing Press[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2):38-39.
- [8] 陈立民. 基于 ANSYS Workbench 的车身体 SKD 运输包装设计[D]. 西安:陕西科技大学,2013.
CHEN Li-min. The SKD Transport Packaging Design for Car Body Based on ANSYS Workbench[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2013.