

基于正交试验的汽车滑移门平顺性优化研究

廖鸿胡¹, 赵云飞², 成艾国², 黄清敏²

(1. 上汽通用五菱汽车股份有限公司, 广西 柳州 545007; 2. 湖南大学 机械与运载工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要:针对某汽车滑移门系统平顺性能,运用正交试验设计方法进行了优化研究。在滑移门的开、闭过程中,以中导轨及其走轮臂转动销轴的 X 向、 Y 向位移作为优化变量,以滑移门质心运动轨迹优劣程度作为设计指标。在保证滑移门在运动过程中不与车身发生干涉的情况下,初步给定了4个优化变量在各自方向上的取值范围。运用正交试验提取多组试验方案,分别求解出滑移门质心运动轨迹,对比分析轨迹曲率特性。研究结果表明,中导轨及其走轮臂转动销的位置对于汽车滑移门运动平顺性能有着重要的影响。

关键词:滑移门;平顺性;正交试验

中图分类号:TH122;TH123

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2010)12-0049-04

Optimization on ride performance of automotive sliding door based on orthogonal experiments

LIAO Hong-hu¹, ZHAO Yun-fei², CHENG Ai-guo², HUANG Qing-min²

(1. SGMW Automobile Co., Liuzhou, 545007 China; 2. College of Mechanical
and Vehicle Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: Aiming at automotive sliding door ride performance, the optimization was finished by using the orthogonal experimental design. While opening or closing sliding door, the middle sliding rail and arm-shaft's displacements in axis X and Y were taken as optimization variables, and the sliding door centroid trace's merits were taken as design specification. Initially, the ranges of four optimization variables in their own directions were given while there was no occurrence of interference between sliding door and body in process of opening sliding door. Some orthogonal texts were done and sliding door centroid trajectory curves were caught. These traces' curvature characteristics were compared. The results indicate that middle sliding rail and arm-shaft's displacements have a significant impact on ride performance of automotive sliding door.

Key words: sliding door; ride performance; orthogonal experiments

0 引 言

汽车滑移门系统由车门、走轮臂、转动销、滚子以及3根导轨组成。滑移门沿着导轨运动实现车门的开关。为了保证滑移门运动过程中,不与车身侧围发生干涉,导轨的形状、布置以及转动销的位置都是非常关键的。滑移门技术是整车技术的重要组成部分,设计的优劣能够迅速、直接地反映给客户^[1-2]。

滑移门运动平顺性主要研究滑移门在开启过程中是否能够保持运动的顺畅和一致的手感。对于高质量的汽车设计而言,滑移门平顺性分析过程是必需的。

本研究利用正交试验法,优化某些关键因素,对汽车滑移门平顺性做定量的研究。

1 正交试验与极差分析

由于工程问题的实际性和复杂性,理论分析往往会缺乏足够的依据而难以得出较好的结果。汽车设计过程中很多问题的解决,都依赖于人的经验和实物试验。实物试验的成本是高昂的,正确的试验设计方法可以在保证结果可靠性的前提下,缩减试验次数,从而极大地降低成本。试验设计主要是对试验参数的合理搭配,是数理统计学在试验方法方面的重要应用。试

D 表示。各因素指定包含初始状态的相同数量的水平数。运用 $L_{16}(4^5)$ 正交表作为表头,进行试验方案设计内容如表 3 所示。



图 3 零件结构图

表 3 试验安排 (单位:mm)				
所在列	1	2	3	4
因素	A	B	C	D
实验 1	0(A1)	0(B1)	0(C1)	0(D1)
实验 2	0(A1)	-4(B2)	-4(C2)	-4(D2)
实验 3	0(A1)	4(B3)	4(C3)	4(D3)
实验 4	0(A1)	8(B4)	8(C4)	8(D4)
实验 5	-4(A2)	0(B1)	-4(C2)	4(D3)
实验 6	-4(A2)	-4(B2)	0(C1)	8(D4)
实验 7	-4(A2)	4(B3)	8(C4)	0(D1)
实验 8	-4(A2)	8(B4)	4(C3)	-4(D2)
实验 9	4(A3)	0(B1)	4(C3)	8(D4)
实验 10	4(A3)	-4(B2)	8(C4)	4(D3)
实验 11	4(A3)	4(B3)	0(C1)	-4(D2)
实验 12	4(A3)	8(B4)	-4(C2)	0(D1)
实验 13	8(A4)	0(B1)	8(C4)	-4(D2)
实验 14	8(A4)	-4(B2)	4(C3)	0(D1)
实验 15	8(A4)	4(B3)	-4(C2)	8(D4)
实验 16	8(A4)	8(B4)	0(C1)	4(D3)

4 试验结果对比

根据正交试验表,本研究做出了 16 组滑移门质心运动轨迹点。运用最小二乘法将这些轨迹点分别拟合成多项式,拟合完成后,其效果如图 4 所示。对比这些曲线的形状特点,可以估计滑移门的平顺性能优劣。具体评价滑移门运动性能的方法有间隔描点法和曲率判断法。间隔描点法是从初始位置开始每间隔一定的时间在质心轨迹线上作出相应的位置标记。这些质心位置标记点的分布越是均匀,则滑移门的运动平顺性能将越好。采用曲率判断法较为简单、直接。曲率判断法是求出这些轨迹曲线的最大曲率,最大曲率越小,则说明该试验方案的效果越好。

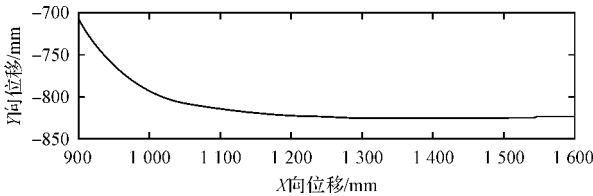


图 4 质心运动轨迹

通过数值计算可知试验 1 至试验 16 的最大曲率依次为:4.79 rad/m、4.75 rad/m、4.86 rad/m、4.86 rad/m、4.95 rad/m、5.37 rad/m、4.74 rad/m、4.49 rad/m、5.11 rad/m、5.13 rad/m、4.48 rad/m、4.48 rad/m、4.62 rad/m、4.87 rad/m、4.90 rad/m、4.63 rad/m。其中试验 6、9、10 的数值最大,都超过 5.00 rad/m;试验 6 与试验 1 相比,性能下降 12%;试验 8 效果最好,与试验 1 相比,性能上升 6% 左右。极差分析结果如表 4 所示,第 2 至第 5 纵坐标列分别代表因素 A、B、C、D 的计算取值,横坐标行由均值和极差组成。各因素各水平都有其对应的均值,同一因素不同水平的均值之差的最大值就是该因素的极差值。某一因素的极差越大,说明在试验范围内,该因素对试验指标的影响越大^[9-10]。表 4 显示因素 B 的极差为 0.415 rad/m、因素 D 的极差为 0.475 rad/m,远远大于因素 A、C 的极差。说明在本试验范围内,影响滑移门运动平顺性能的主要因素是中导轨与走轮臂销轴的 Y 向位移。

表 4 极差分析 (单位:rad/m)				
均值 1	4.815	4.868	4.817	4.720
均值 2	4.888	5.030	4.770	4.585
均值 3	4.800	4.745	4.833	4.893
均值 4	4.755	4.615	4.838	5.060
极差	0.133	0.415	0.068	0.475

根据表 4 提供的试验数据,分别绘制试验指标随各因素变化的趋势图,如图 5 所示,以便能够更加直观地了解因素对试验结果的影响。图 5 横坐标为 A、B、C、D 各因素的取值范围。这些因素都分别有 -4、0、4、8 4 个水平试验值。纵坐标为对应水平下的试验指标平均值,即最大曲率的平均值。如图所示,就变化趋势而言,随着因素 A、B 的增大,试验指标不断减小;随着因素 C、D 的增大,试验指标不断增大。就变化速度而言,随着因素 A、C 的增大,试验指标变化缓慢;随着因素 B、D 的增大,试验指标变化相对较快^[11]。

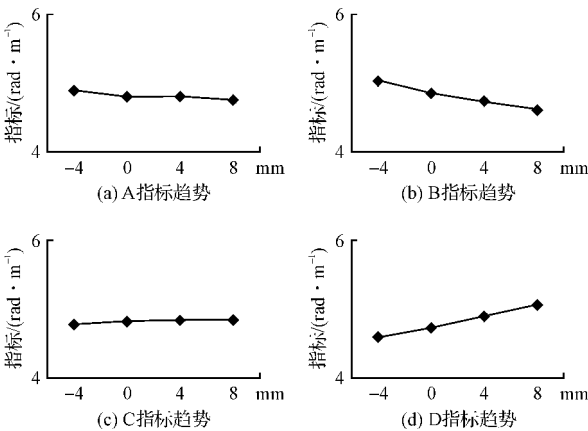


图 5 变化趋势图

5 结束语

运用正交试验法对滑移门的平顺性进行了优化研究。将中导轨与走轮臂销轴的 X 、 Y 向位移作为优化变量,将滑移门质心处的运动轨迹作为优化指标。按照 $L_{16}(4^5)$ 正交表分别进行 16 次正交试验,运用极差分析法对试验数据进行了综合分析,结合图表阐述了具体因素变化对试验指标产生的不同影响。在评价滑移门运动平顺性方面,采用了曲率判断法,即滑移门质心处运动轨迹曲线的最大曲率越小,则滑移门的平顺性能越好。

在设计滑移门时不仅要防止运动过程中门与侧围发生干涉,而且要保证运动的顺畅性。试验证明导轨与走轮臂销轴的空间位置对滑移门的运动特性影响很大。其中中导轨的 Y 向位移、走轮臂销轴的 Y 向位移对滑移门平顺性是至关重要的。总体来说,中导轨在 Y 向每正向移动 10 mm,平顺性能提升 7.5%;中走轮臂销轴在 Y 向每负向移动 10 mm,平顺性能提升 8.6%。

参考文献 (References):

- [1] 叶青,蔡慧,董丹丹. 基于 HyperMesh 二次开发的滑移门子系统结构分析和优化[C]//结构及多学科优化工程应用与理论研讨会 2009. 大连:[s. n.], 2009:1-6.

(上接第 31 页)

4 结束语

笔者研究了应用动力学仿真软件 ADAMS 及其液压模块对装载机工作装置执行机械—液压联合仿真的方法及可行性。克服了传统的单一的机械仿真造成的仿真结果不准确的缺点,研究了装载机的性能,发现其平移性、自动放平性良好,但其卸料角角度太小,有待改进。加载载荷过程中,液压缸振动厉害,并在换向过程中对液压缸产生冲击及振动。在以后的装载机工作装置优化设计时,应考虑液压缸的冲击对液压系统工作稳定性造成的影响。

参考文献 (References):

- [1] 郑建荣. ADAMS-虚拟样机技术入门与提高[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [2] 王国彪,杨力夫. 装载机工作装置优化设计[M]. 北京:机械工业出版社, 1996.
- [3] SHAH R T, PETER D L, SALCUDEAN S E. Identification of inertia and friction parameters for excavator arms[J]. *IEEE Transations on Robotics and Automation*, 1999, 15

- [2] NASSER M, JAWAD B. Developing a transfer function for vehicle ride performance[J]. *SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems*, 2009 (1): 1003 - 1008.
- [3] 吴顺川,高永涛,杨占峰. 基于正交试验的露天高陡边坡落石随机预测[J]. *岩石力学与工程学报*, 2006, 25(21): 2827 - 2832.
- [4] 王东锋,汪定江,康布熙,等. 基于正交试验的 CuNiSi 合金加工工艺研究[J]. *功能材料*, 2007, 38(1): 144 - 147.
- [5] PARKINSON A. Robust mechanical design using engineering models[J]. *Trans. of the ASME, Journal of Mechanical Design*, 1995, 117(6): 48 - 54.
- [6] LAN F, CHEN J, LIN J, et al. Springback simulation and analysis in U-typed sheet metal forming processes[J]. *Journal of Plasticity Engineering*, 2004, 11(5): 78 - 84.
- [7] ZHOU J G, HERSCOVICI, CHEN C C. Parametric process optimization to improve the accuracy of rapid prototyped stereolithography parts[J]. *Int. J. of Machine Tools & Manufacture*, 2000, 40(3): 363 - 379.
- [8] 郑浩,马春华. 基于正交试验法的低渗透油藏超前注水影响因素分析[J]. *石油钻探技术*, 2007, 35(5): 90 - 93.
- [9] 陈吉清,王玉超,兰凤崇. 基于正交试验的汽车覆盖件冲压工艺参数优化[J]. *计算机集成制造系统*, 2007, 13(12): 2433 - 2440.
- [10] 陈建江,钟毅芳,肖人彬. 基于正交试验的稳健优化设计方法及其工程应用[J]. *中国机械工程*, 2004, 15(4): 283 - 286.
- [11] 蓝敏俐. 装载机工作装置动臂油缸的工作特性分析[J]. *机电技术*, 2008(2): 33 - 34. [编辑:柴福莉]

(5): 966 - 971.

- [4] BUZDUGAN L I, BALLING O, CHIEN P. Multirate Integration for Real-time Simulation of Wheel Loader Hydraulics[C]. *ASME Design Engineering Technical Conferences*, Las Vegas, USA, 1999.
- [5] BLOUIN S, HEMAMI A, LIPSETT M. Review of resistive force models for earthmoving processes[J]. *ASCE Journal of Aerospace Engineering*, 2001, 14(3): 102 - 111.
- [6] 龚捷,崔玉鑫. 装载机铲掘作业的轨迹规划[J]. *机械工程学报*, 2009, 45(7): 51 - 56.
- [7] 郭卫,李富柱,薛武. 基于 Pro/Engineer 软件的装载机工作装置虚拟样机与仿真分析[J]. *工程机械*, 2005, 36(3): 77 - 81.
- [8] DRUGGE L. Ride comfort simulation of a wheel loader with suspended axles[J]. *International Journal of Vehicle Systems Modeling and Testing*, 2008, 3(3): 99 - 103.
- [9] 宁晓斌,徐进永,王国彪,等. 装载机工作装置机械-液压耦合系统仿真[J]. *农业机械学报*, 2007, 38(3): 6 - 9.
- [10] 刘静,潘双夏,冯培恩. 基于 ADAMS 的挖掘机液压系统仿真技术[J]. *农业机械学报*, 2005, 36(10): 109 - 112.
- [11] 潘阳,游明琳,丁旭. 挖掘机液压系统维护与故障诊断浅述[J]. *机械*, 2009, 36(12): 62 - 64, 68.

[编辑:罗向阳]