

高速双轨橇车水刹车强度校核

肖军¹, 李新颖², 张林锐¹, 薛强¹, 章玮玮¹

(1. 中国华阴兵器试验中心, 陕西 华阴 714200;

2. 中国特种飞行器研究所 高速水动力航空科技重点实验室, 湖北 荆门 448035)

摘要:应用 FLUENT 软件,对 4 种工况下水刹车管道压力进行了仿真计算,并应用 Workbench 软件,对水刹车装置最大受力状态下强度进行了校核。计算结果表明:水刹车装置最大受力状态下结构强度满足使用要求。

关键词:火箭橇;橇车;水刹车;回收;强度

本文引用格式:肖军,李新颖,张林锐,等. 高速双轨橇车水刹车强度校核[J]. 兵器装备工程学报,2019,40(S1):16-18.

Citation format:XIAO Jun, LI Xinying, ZHANG Linrui, et al. Strength Checking of Water-Brake Device in High Speed Double Track Rocket Sled Test[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering,2019,40(S1):16-18.

中图分类号:TJ06;V216.8

文献标识码:A

文章编号:2096-2304(2019)S1-0016-03

Strength Checking of Water-Brake Device in High Speed Double Track Rocket Sled Test

XIAO Jun¹, LI Xinying², ZHANG Linrui¹, XUE Qiang¹, ZHANG Weiwei¹

(1. Huayin Ordnance Test Center, Huayin 714200, China;

2. China Special Vehicle Research Institute, Key Aviation Scientific and Technological Laboratory of High-Speed Hydrodynamic, Jingmen 448035, China)

Abstract: According to the recovery requirement of high-speed double-track sled, the pipeline pressure was calculated and the strength of the water brake structure was checked. The pipeline pressure under four working conditions was calculated by using FLUENT software. The calculation results show that the structural strength of the water brake device under the maximum stress state meets the service requirements. That conclusion provides support for the development of high-speed double-track sled.

Key words: rocket sled; sled; water-brake; recycle; strength

双轨橇车水刹车是利用橇车高速入水后刹车装置与水面撞击产生撞击阻力和水流与橇车之间水动量转换获得的制动力,实现快速刹车的装置^[1-2]。由于水刹车具有经济、灵活、制动能力大等特点,因此广泛应用于双轨橇车回收试验。

橇车高速入水时,水流对刹车管壁冲击压力,橇车运行时滑靴与轨道相互撞击^[3-6],水刹车装置强度不够时,可能出现变形、破裂,甚至解体,从而导致橇车回收失败,影响试验安全。因此在橇车设计时,有必要计算不同工况下水刹车

管壁压力,校核水刹车强度,确保火箭橇动态试验安全。

1 管壁压力计算

水刹车入口为三角形,出口为梯形,外形结构三维图如图 1。三角形入口的角度取 $\phi = 30^\circ$,入口高度 $H = 240$ mm,入口提升角 $\theta = 30^\circ$,水流偏转角度 $\zeta = 90^\circ$,入口处圆弧面半径 $R = 800$ mm,水刹车整体长度应 $L = 1.6$ m。水刹车入水阻力由实体水阻力与水动能水阻力构成。

收稿日期:2018-12-20;修回日期:2019-01-25

基金项目:陆军装备部研究项目(1700010129)

作者简介:肖军(1980—),男,硕士,高级工程师,主要从事火箭橇试验研究,E-mail:50310644@qq.com。

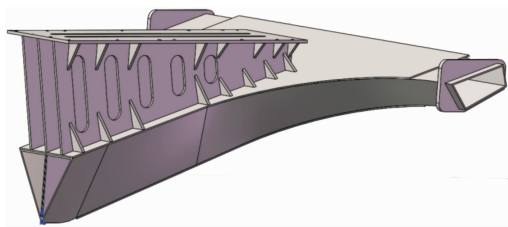


图1 水刹车装置外形结构三维图

取半模进行计算,并对计算模型进行了简化和局部处理(图2):

- 1) 去掉三角形加强筋;
- 2) 将部分孔封闭。

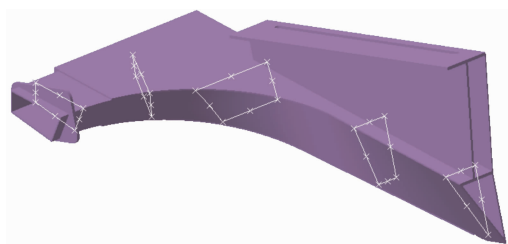


图2 简化模型

坐标系:

原点——位于水刹车对称面内(XZ 面)、入口最低点处;

X 向——与轨道方向平行,逆运动方向为正;

Y 向——顺运动方向向右为正;

Z 向——位于对称平面内、过原点且垂直于 X 轴,向上为正。

选取 $X=0.077\text{ m}$ 、 $X=0.6\text{ m}$ 、 $X=0.9\text{ m}$ 、管道拐弯处某平面、 $Y=0.7\text{ m}$ 共5个平面与内管壁相交,在相交线上取若干点进行压力监测,共38个点,如图2所示。

2 仿真计算

通过求解雷诺平均 $N-S$ 方程来模拟水刹车内流场和外流场特征,数值模拟方法为有限体积法,全六面体非结构网格(如图3所示),压力与速度耦合求解算法为PISO,湍流模型采用Reynolds Stress(7 eqn)结合壁函数进行处理,自由液面方程求解采用自由液面捕捉法的VOF方法^[7-10]。



图3 网格示意图

通过Fluent软件仿真得到4种工况(速度 80 m/s ,入水深度 160 mm ;速度 160 m/s ,入水深度 220 mm ;速度 220 m/s ,入水深度 80 mm ;速度 340 m/s ,入水深度 40 mm)下管道压力云图如图4。可以看出,在入水处,由于水刹车实体装置撞击作用,入口处局部压强较大,管道转弯处,在水流冲击作用,局部压力较大。因此在设计上,戽斗的这二部分区域应当予以加强。

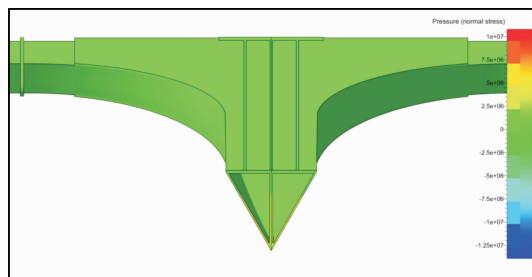
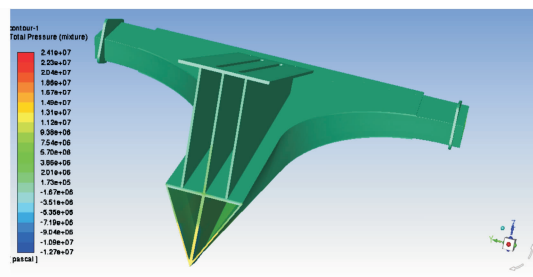
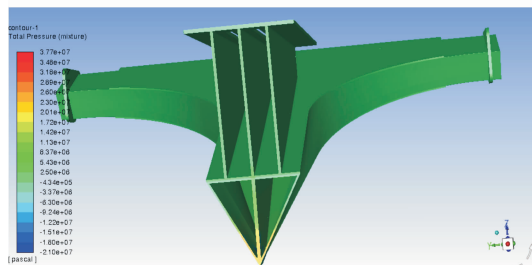
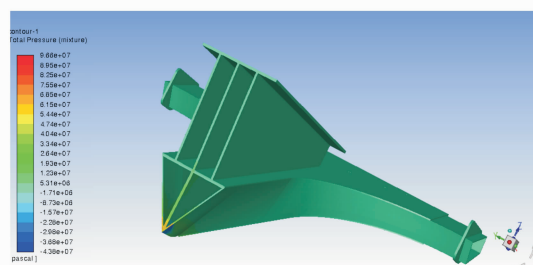
(a) 橇车入水速度 80 m/s 、入水深度 160 mm (b) 橇车入水速度 160 m/s 、入水深度 220 mm (c) 橇车入水速度 220 m/s 、入水深度 80 mm (d) 橇车入水速度 340 m/s 、入水深度 40 mm

图4 压力云图

3 强度校核

通过压力云图和计算结果可以看出,橇车入水速度 220 m/s,入水深度 80 mm 时,承受载荷最大,因此在安全系数计算时,选取该工况下各监测点压力值,对水刹车装置进行加载。加载时以每一区段的平均压力施加在底面上^[9-10],得到水刹车装置安全系数如图 5 所示。可以看出,入口处,撞击阻力较大,水刹车装置局部安全系数 < 2 ;水流动量转换时产生的巨大压力主要作用在弯管外缘圆弧上,使得这一区域载荷很大,局部安全系数 < 2 。水刹车装置应通过增加入口处壁厚和出口处链接装置厚度提高安全系数。

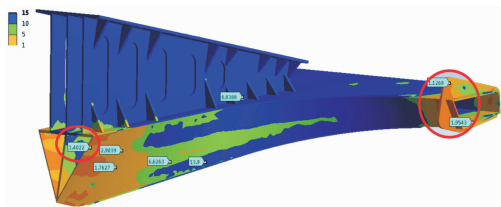


图 5 水刹车装置加载后安全系数

将水刹车装置入口处壁厚由 5 mm 增加至 6 mm,出口链接板由 5 mm 增加至 8 mm 后,水刹车装置和橇车本体安全系数如图 6 所示,加厚部分安全系数 ≥ 2 ,橇车本体安全系数 ≥ 2 ,满足安全回收时安全系数设计要求。

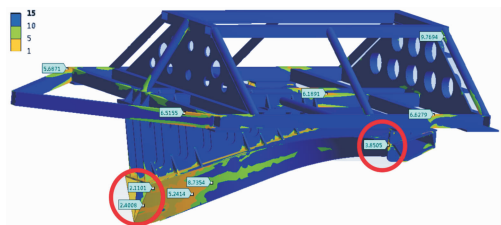


图 6 水刹车装置和橇车本体加载后安全系数

4 结论

校核了水刹车装置最大受力状态下强度,改进了水刹车

结构设计。首先应用 FLUENT 软件分别计算了 4 种工况下水刹车管壁压力,然后应用 Workbench 软件,对水刹车装置最大受力状态下强度进行了校核,根据校核结果,改进薄弱部位结构强度,使水刹车最大受力状态下结构强度满足使用要求,为高速双轨橇车研制提供了支撑。

参考文献:

- [1] 余元元. 火箭滑车高速水刹装置研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2008:12-14.
- [2] 郑焕武. 理想流体作用下的物体运动[M]. 北京:光明日报出版社,2013:32-34.
- [3] 孔维红,张惠民,李荣晖,等. 火箭滑橇发射过程的动力学分析及数值计算[J]. 四川兵工学报,2009(7):42-44.
- [4] XIAO Jun, XUE Qiang, ZHANG Weiwei, et al. Design of Single Layer Vibration Dmping System for Rocket Sled [C]//2018 Intermatational Conference on Physics. Mathematics, Statistics Modelling and Simulation, Wu Zhen, China, 2018:16-18.
- [5] 王健,赵庆彬,陶钢,等基. 火箭橇水刹车高速入水冲击数值模拟[J]. 爆炸与冲击,2010,30(6):628-631.
- [6] 赵庆彬. 火箭滑橇水刹车机构高速入水数值分析[D]. 南京:南京理工大学,2009:36-37.
- [7] 余元元. 火箭滑车高速水刹装置研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2008:12-14.
- [8] XIAO Jun, ZHANG Weiwei, XUE Qiang, et al. Modal Analysis for Single Track Sled [C]. 2018 Intermatational Conference on Physics, Mathematics, Statistics Modelling and Simulation, Wu Zhen, China, 2018:21-23.
- [9] 丁欣硕. Fluent17.0 流体仿真从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2017.
- [10] 刘笑天. ANSYS Workbench 结构工程高级应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2015.

(责任编辑 周江川)