

小吨位平衡重式叉车车架用试验工装分析与优化

王旭兵¹, 胡春阳^{1, 2*}

(1.安徽合力股份有限公司, 安徽 合肥 230601; 2.安徽省工业车辆重点实验室, 安徽 合肥 230601)

摘要: 本文以小吨位平衡重式叉车车架用试验工装为研究对象, 该工装用于小吨位平衡重式叉车车架的疲劳台架试验, 作用是替代门架, 给车架施加门架和货物的作用力, 首先利用 ANSYS Workbench 软件对试验工装进行静力分析, 结果表明其刚度不满足设计要求; 接着结合结构中连接点受力和变形特点, 找到对变形量影响较大的结构因素, 进行结构改进, 改进结构变形量和应力都明显减小, 在满足刚度设计要求的同时强度也得到了提高。本次结构优化设计表明: 合理的结构改进, 即使改进方式较简单, 也可以带来良好的效果。

关键词: 平衡重式叉车车架; 试验工装; ANSYS; 刚度; 强度; 结构改进

中图分类号: TP391.7 **文献标识码:** A

1 引言

台架试验作为验证产品性能和可靠性简单高效的手段, 可以用来评估试验产品的强度和疲劳寿命, 通常台架试验是模拟真实使用工况的^[1], 其中试验工装的设计会影响到施加载荷的合理性, 直接决定着试验结果的可靠性, 因此试验工装的设计合理性显的尤为重要^[2]。

随着试验能力水平的提升, 公司台架试验的部件种类在逐渐增加, 其中就包括平衡重式叉车车架。在平衡重式叉车整车中, 包含了起重系统、传动系统、动力系统、转向系统、制动系统、液压系统和电气系统等多种系统^[3],

车架作为这些系统的载体, 会承受复杂多样的载荷作用, 对车架进行台架试验就要根据这些系统的影响做成取舍, 影响较大的系统必须考虑, 其中起重系统对车架作用力巨大, 是影响最大的系统之一, 在车架有限元分析的多个典型工况中都需要考虑^[4], 因此在台架试验中也必须进行模拟。

本文研究的是一种在车架台架试验中用于代替门架的试验工装, 通过工装来施加门架与货物对车架的作用力。通过台架对工装施加规定的下压力, 便可模拟货物重力对车架的作用效果, 配合上其他工装和载荷, 便可

* 通信作者: 胡春阳

以开展车架在特定工况下的台架试验。

2 试验工装原结构有限元分析

2.1 试验工装结构

设计人员所设计的试验工装与车架装配体的示意图如图1所示,该工装用于小吨位平衡重式叉车车架的台架试验,在工装前方有两个承压板,使用试验台架中的油缸对承压板施加向下的压力,便可以模拟门架与货物重力的作用,从而代替门架来对车架施加门架和货物的作用力。

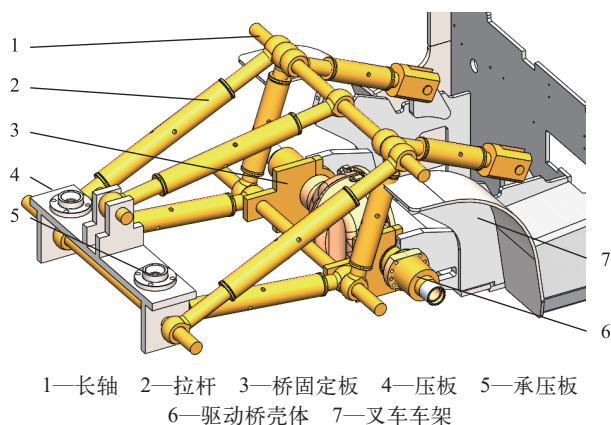


图1 门架工装与车架装配体示意图

叉车车架用试验工装主要由拉杆、长轴、压板等零件组成,长轴与拉杆等零件铰接链接,形成多个三角形结构,整体则成为一个框架结构。为了使工装与车架的连接关系与整车中的门架与车架的保持一致,需要保证用来模拟倾斜油缸的拉杆与实车上的倾斜油缸具有相同的倾斜角度,另外前方承压板需要与实车中的货物的前后位置相同。

2.2 几何处理

本文使用 ANSYS Workbench 软件对试验工装进行有限元静力分析,它采用项目管理工具进行工具项目流程管理,操作简单,可以进行分析复杂多物理场的分析,能够实现仿真驱动产品研发达到最优设计的目标^[5]。

分析中考虑试验工装模型,而不考虑车架和驱动桥壳体的模型,驱动桥壳使用一个圆柱体代替。对模型进行合理简化,主要包括删除模型零件中的小圆孔与小倒角等特征;螺纹杆简化为圆柱面,直径为螺纹的小径;螺栓孔简化为圆孔,直径与螺纹杆简化的圆柱面相同,

这样简化后的圆柱面与圆孔能够接触上;焊接零件组成一个整体来模拟考虑焊接关系;由于下文进行有限元模型创建时需要在长轴和拉杆的铰接孔之间建立摩擦接触,为了缩小接触识别的范围以减小分析运算量,在几何处理时需要在长轴上切割出接触和不接触区域的分割线,最终得到的简化几何模型如图2所示。

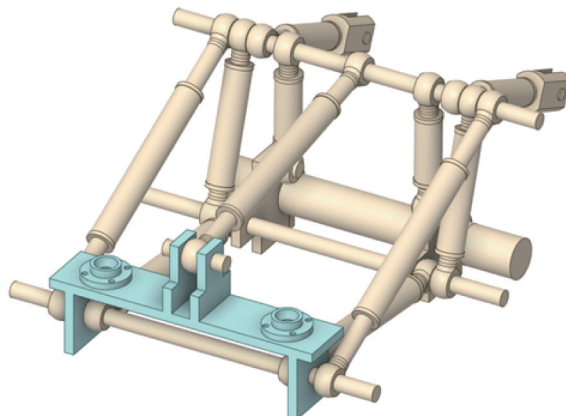


图2 试验工装简化模型

2.3 有限元建模

在模型中建立合适的接触关系,利用螺栓紧固连接的承压板和压板等零部件之间建立绑定连接,拉杆的螺纹杆和螺纹孔之间建立绑定连接,模型中可相对运动的连接位置建立摩擦接触,摩擦系数设为0.1,主要为长轴和各零件的圆孔之间。

2.4 工况边界条件施加

工装模型中施加的约束包括模拟驱动桥壳体的圆柱体与车架接触的两圆环面位置分别约束 dof123 和 dof23;模拟倾斜油缸的两拉杆在与车架连接的销轴孔位置约束拉杆的轴向平移自由度。工装模型中施加的载荷为在左右两承压块上施加方向向下的远程力,力的大小为台架试验时的油缸下压力。所得到试验工装约束与加载模型如图3所示。

2.5 分析结果评价

分析求解后得到试验工装的变形和应力结果如图4和图5所示。

设计人员要求试验工装在分析工况下,最大变形量不超过5mm,而分析结果中前方的压板整体变形都超过了5mm,最大变形量达到6.8mm,因此试验工装原结构的刚度不满足设计要求。

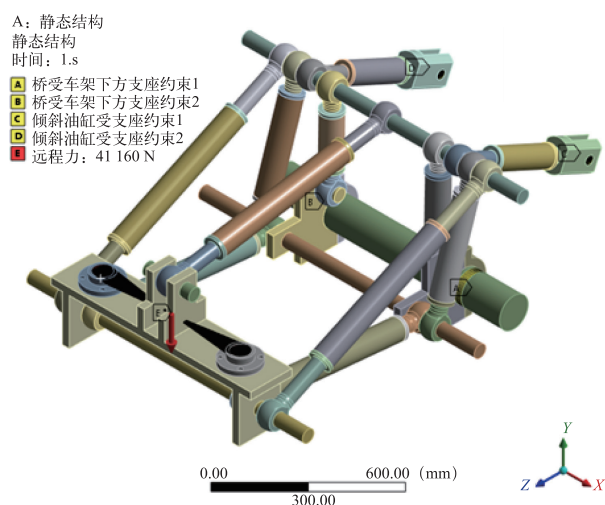


图3 试验工装约束与加载模型

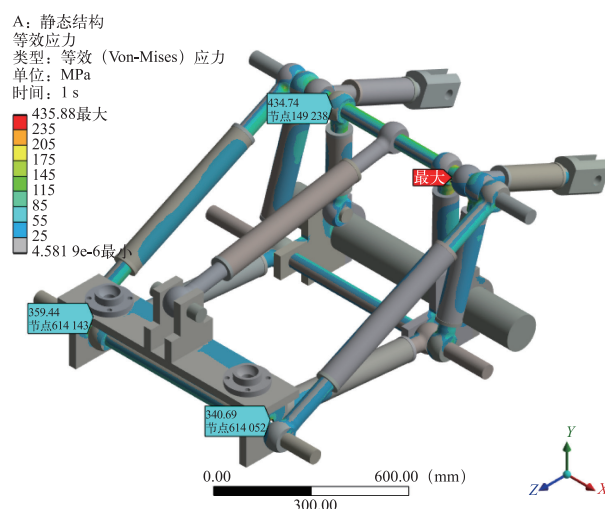


图5 试验工装应力云图

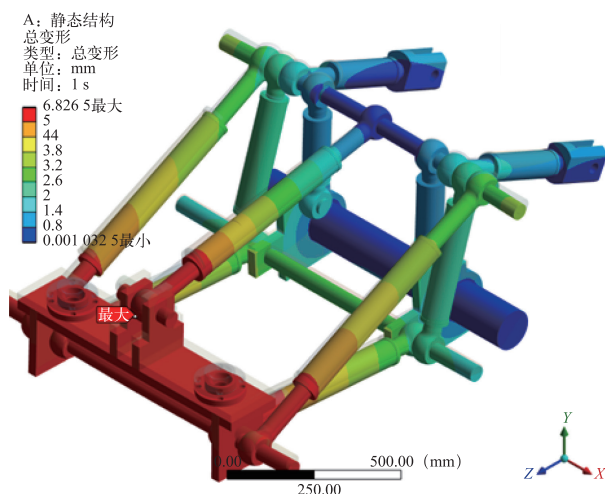


图4 试验工装总变形云图

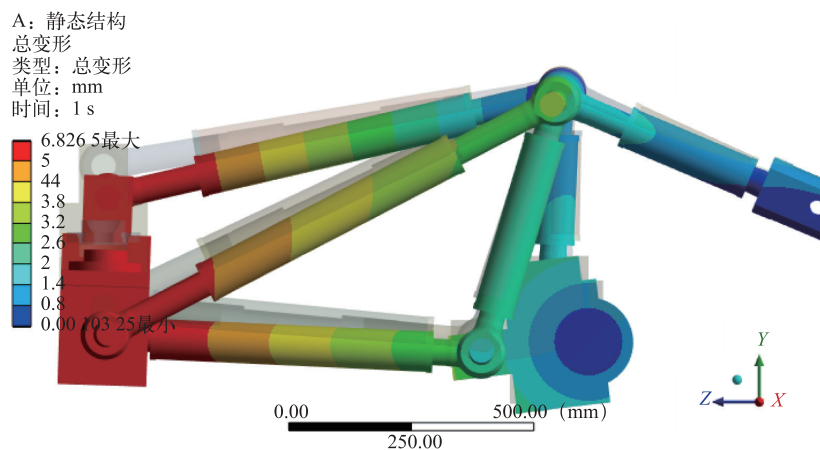


图6 试验工装变形放大图

试验工装的应力结果中, 最大应力 435.9MPa 位于与销轴接触的拉杆耳环圆孔位置, 但是属于压应力, 拉杆材质为 45 钢, 屈服强度为 355MPa, 抗拉强度为 600MPa; 压板的销轴孔处的大应力为 359.4MPa, 也属于压应力, 压板的材质为 Q235A, 屈服强度为 235MPa, 抗拉强度为 390MPa; 其他位置应力不大, 试验工装原结构的强度满足要求。

3 试验工装结构改进与分析

3.1 结构改进

对试验工装的总变形量放大 10 倍如图 6 所示, 可以看出桥固定板绕其约束中心点发生了较明显的旋转, 由于远端变形的放大效果, 导致在前方压板位置产生更大的变形。

提取模型中各拉杆与长轴摩擦接触的接触反力，进行对比后发现短拉杆受长轴的反力最大，为 51 780N，为压力，如图 7 所示，短拉杆受力过大也会导致桥固定板

的旋转变形增大，继而增大整体变形，同时还会在与长轴连接的圆孔位置产生大应力，因此需要改善此处拉杆受力。

A: 静态结构
力反应8

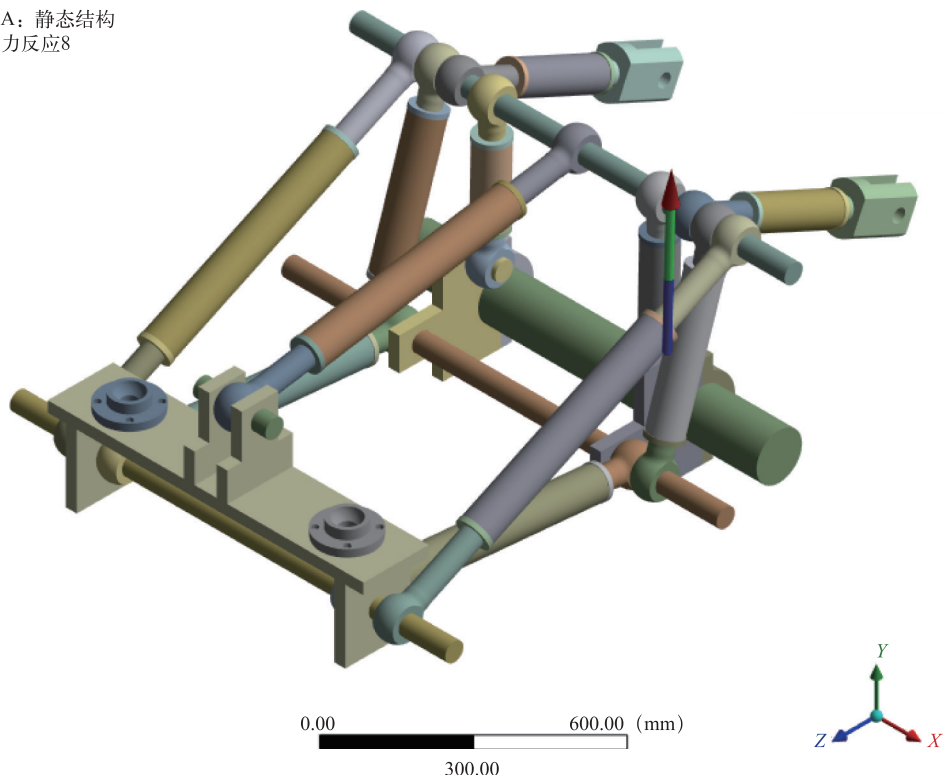


图 7 短拉杆受力达到 51 780N

试验工装是由多个由拉杆组成的三角形共同形成的框架结构，变形量大的一个主要原因是某些三角形的锐角过小而导致个别拉杆受力太大，从而产生了较大的变形。因此可以通过改变拉杆长度，增大拉杆组成的三角形中过小的锐角，使边的受力得到改善，以达到减小结构受力和变形的目的。

经过多次改进尝试后，最终将模拟倾斜油缸的拉杆沿着轴线方向向前延长 200mm，其他拉杆尺寸和长轴位置则根据需要进行调整，但需要保证试验工装与车架的连接点位置不变，模拟倾斜油缸的拉杆的方向不变，前方承压板的前后位置不变，最终改进结构和原结构的对比模型如图 8 所示，图中不透明部分为改进结构模型，透明部分为原始结构模型，可以看出中间桥固定板与其上方的两个拉杆组成的三角形最小夹角增大了，同时短拉杆轴线与桥固定板约束中心点距离减小，这减小了短拉杆对桥固定板产生的力矩，会使整体变形减小。

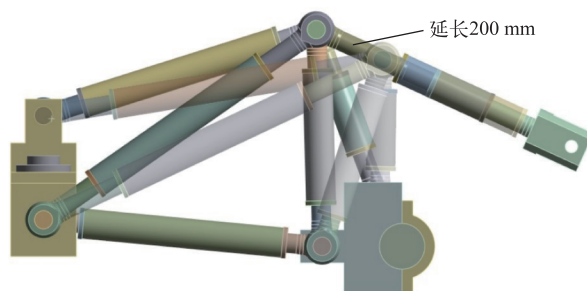


图 8 试验工装改进结构与原结构对比模型

3.2 改进结构分析

对改进结构分析求解后得到试验工装的变形和应力结果如图 9 和图 10 所示。

改进后的试验工装最大变形量为 4.3mm，不超过 5mm，满载刚度设计要求；最大应力减小为 297.1MPa，位于压板的销轴孔处，且为压应力，结构改进前后的变形和应力结果对比见表 1。

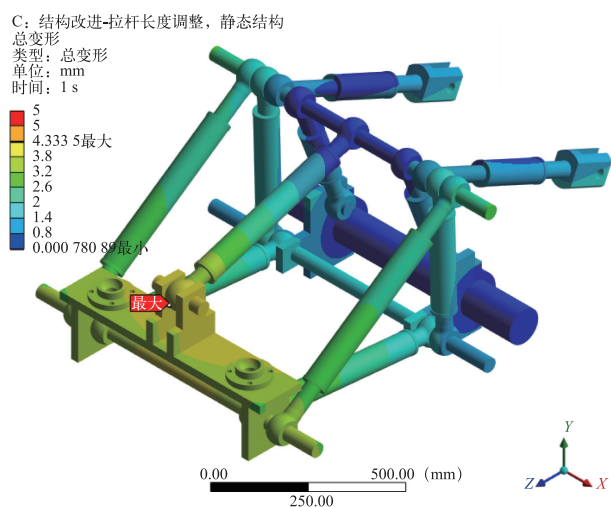


图9 试验工装总变形云图

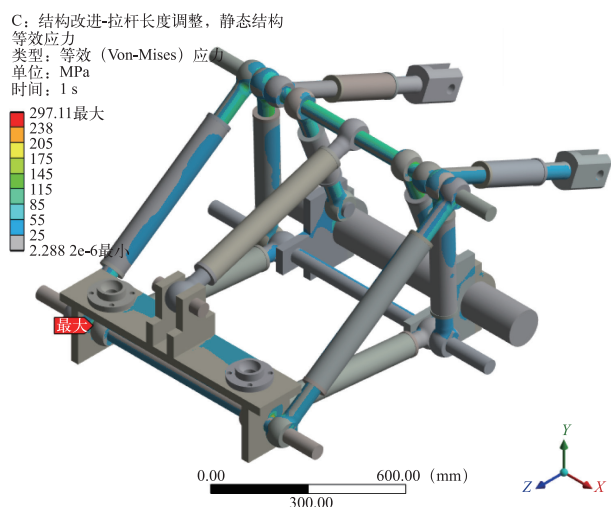


图10 试验工装应力云图

表1 结构改进前后分析结果对比

	原结构	改进结构	变化百分比 (%)
最大变形 /mm	6.8	4.3	-36.8
最大应力 /MPa	435.9	297.1	-31.8

对比改进结构和原结构, 最大变形量减小 36.8%, 最大应力减小 31.8%, 改进效果明显。改进结构与原结构的

结构形式保持一致, 因此制作和安装难度是相同的; 改进结构的刚度增加使其稳定性更强, 可以减小因为工装变形而导致的试验误差; 改进结构的强度增加使其具有更长的疲劳寿命, 也代表其具有更高的承载能力, 今后甚至可以直接应用于吨位更大的叉车车架台架试验中。

4 结束语

本文通过 ANSYS Workbench 对所设计的一种小吨位平衡重式叉车车架用试验工装进行静力分析, 结果表明其刚度较差, 不满足设计要求; 结合结构中连接点受力和变形特点, 找到对变形量影响较大的结构因素, 通过对结构尺寸进行优化改进, 以减小结构中部分拉杆的受力, 改善变形量影响因素, 改进结构的刚度和强度都明显增加, 变形量满足设计要求。

本文通过分析结构变形特点和受力特点的方法来寻找结构改进方向, 通过调整拉杆长度的方式进行改进, 可以减小拉杆受力, 继而减小了结构变形和应力, 改进效果明显。本文的仿真分析表明: 进行结构改进, 不一定要很复杂, 有时即使只进行简单的改进, 只要改进方法原理合理, 就能带来良好的效果。

参考文献

- [1] 梁焕彬, 樊愿华, 吴博龙, 等. 乘用车悬架系统极限强度台架试验研究 [J]. 汽车工程师, 2023 (3): 38-42.
- [2] 梁俊涛, 张莉, 梁涛. 基于 Ansys Workbench 的工装结构设计与优化 [J]. 现代制造技术与装备, 2014 (2): 27-28.
- [3] 江华, 尹祖德. 叉车构造、使用、维修一本通 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [4] 吴小峰, 李戈操, 张岩, 等. 某型内燃平衡重式叉车车架的静动特性分析 [J]. 工程机械, 2014, 45 (1): 30-34.
- [5] 付稣昇. ANSYS Workbench 17.0 数值模拟与实例精解 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2017.

收稿日期: 2024-06-03