

## 某型空投装置装载平台虚实仿真研究

赖慎玮 周昊 薛友海 赵佳锐

航宇救生装备有限公司, 湖北 襄阳 441003

**[摘要]**为提升某型空投系统装载平台的综合性能, 对其进行虚实仿真研究。首先根据仿真结果发现牵引锁向下位移量过大, 并对样件进行试验, 然后利用虚实仿真确定位移量过大的原因为装载平台刚度不足和连接孔设计不合理; 其次, 依据问题原因提出优化措施, 并对优化后的结构进行仿真分析; 最终利用试验验证优化结构的合理性, 并通过了空投试验。文章利用有限元仿真方法不但可为结构的设计及改进提供技术支持, 也可为提高工程实际中问题的解决效率。

**[关键词]**空投装置装载平台; 虚实仿真; 优化结构设计

DOI: 10.33142/ec.v8i1.15008

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

### Virtual and Real Simulation Research on the Loading Platform of a Certain Type of Airdrop Device

LAI Shenwei, ZHOU Hao, XUE Youhai, ZHAO Jiarui

Aerospace Life Saving Equipment Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441003, China

**Abstract:** In order to improve the comprehensive performance of a certain type of airdrop system loading platform, virtual and real simulation research was conducted on it. Firstly, based on the simulation results, it was found that the displacement of the traction lock towards the lower position was too large, and the sample was tested. Then, using virtual and real simulations, it was determined that the reason for the excessive displacement was due to insufficient rigidity of the loading platform and unreasonable design of the connection holes; Secondly, propose optimization measures based on the root cause of the problem and conduct simulation analysis on the optimized structure; The rationality of the optimized structure was ultimately verified through experiments and passed the airdrop test. The use of finite element simulation method in the article can not only provide technical support for structural design and improvement, but also improve the efficiency of problem-solving in engineering practice.

**Keywords:** airdrop device loading platform; virtual real simulation; optimize structural design

#### 引言

随着科学技术的不断发展, 重装空投系统技术的发展越发受到国家的高度重视。空投系统技术可快速提高现代化物资运输的速度, 关于空投系统的研究和应用具有重要的战略意义和实际价值<sup>[1-2]</sup>。根据空投物品的大小、效率和精度, 可以将空投平台分为机载装载设备、辅助货桥设备、装载平台等形式<sup>[3]</sup>, 对于重装空投系统而言采用装载平台更易便捷操作。

随着计算方法的发展以及计算机技术的进步, 有限元仿真逐渐成为主流的工程分析工具<sup>[4]</sup>。如今, 其已被广泛应用于机械、土木、工艺等多个领域。有限元仿真能够模拟真实物理系统的行为, 帮助工程人员深入了解系统的行为, 大大提高了工程设计的精度和效率。对于企业而言, 其可以帮助企业优化产品设计和生产过程, 提高产品质量和性能, 从而在激烈的市场竞争中赢得优势。

对于某型空投系统而言, 装载平台与减速伞采用牵引锁相连接, 可在机舱导轨上移动。在对装载平台牵引锁在牵引出机过程进行虚实仿真时, 发现牵引锁发生向下位移较大, 可能会与机舱导轨发生刮擦甚至出现卡制现象, 影响装载平台的正常工作, 严重影响飞机安全。针对此种情

况, 对该空投装置提出优化设计需求, 要求改进后的装载平台牵引锁向下位移量小于安装间隙(10~20mm)。同时对优化后的空投系统装载平台进行仿真, 最终进行试验验证优化结构的合理性, 并通过了空投试验。

#### 1 装载平台静力学分析

##### 1.1 装载平台结构及建模

装载平台主要由牵引锁、底部框架、蒙皮等结构组成, 装载平台上安装有支撑架结构, 底部与滚棒支撑相接触, 两滚棒支撑间距为 280mm。具体结构如图 1 所示。整体结构采用铝合金材料, 最大强度极限为 560MPa。

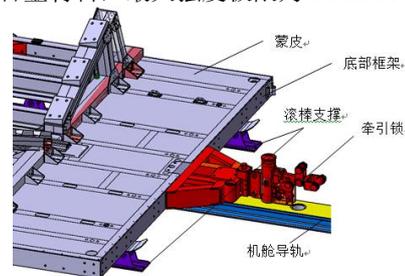


图 1 装载平台结构及装配位置

为确定牵引出机时牵引锁向下最大位移量, 对装载平台

进行有限元仿真。在对装载平台建模时，应保证结构的完整性和传动路线不发生变化。蒙皮采用壳单元模拟，其余结构采用实体单元模拟。螺栓与其他结构间采用摩擦接触，摩擦系数设置为0.1。具体装载平台有限元模型如图2~3所示。

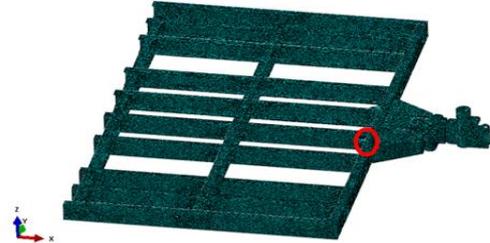


图2 装载平台主承力结构（去蒙皮显示）有限元模型

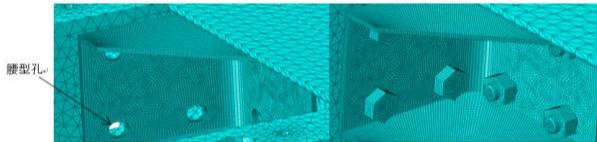


图3 腰型孔及螺栓局部模型图

### 1.2 仿真工况

在牵引出机过程中，牵引伞最大开伞力为43362N。具体工况及载荷见表1。

表1 工况及载荷表

工况	总载荷	水平向下偏转角度	滚棒支撑距底部框架前端面距离
1	43362	1.14°	0mm
2	43362	2.3°	253mm

### 1.3 仿真结果

由仿真可以得出：在工况一中，牵引锁最大的向下位移为15.26mm，在工况二中，牵引锁最大向下位移为17.7mm，同时前梁框架局部发生扭转变形，如图4和图6所示。在工况一和工况二中，上方两腰型孔均相对螺栓向前移动，下方两腰型孔均相对螺栓向后移动，如图5和图7所示。

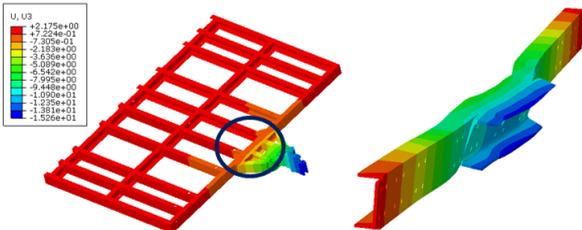


图4 工况一装载平台牵引锁位移云图(去除蒙皮显示)

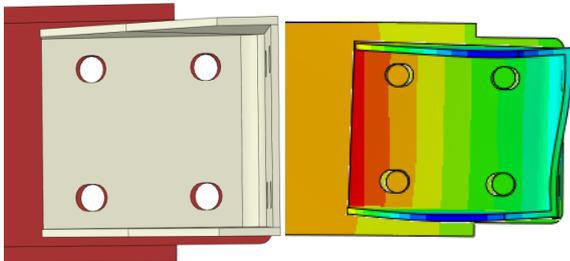


图5 工况一腰型孔变形前后对比图

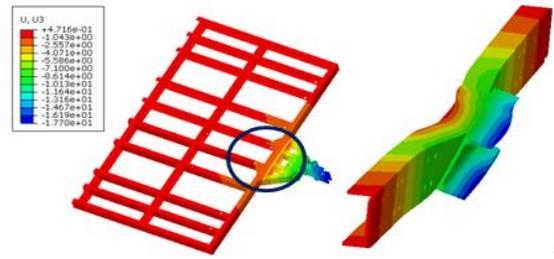


图6 工况二装载平台牵引锁位移云图(去除蒙皮显示)

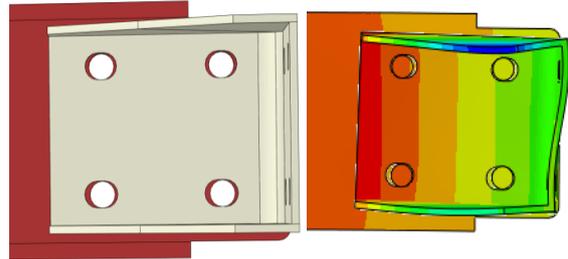


图7 工况二腰型孔变形前后对比图

对仿真结果分析可知：两工况中的位移均大于牵引锁与机舱导轨的初始安装间隙（10mm~20mm）；当牵引锁承受载荷时，前梁框架发生扭转变形，进而引起牵引锁发生向下位移；同时腰型孔结构会导致约束不足，从而使螺栓与孔发生相对移动，导致牵引锁等结构向下转动，进而使得牵引锁向下位移增加。

### 1.4 试验验证

(1) 试验简介。本试验是按照装机状态进行牵引拉试验。将装载平台与出机平台上预留系留座固定，牵引绳通过地面定滑轮，一端与货台牵引锁连接，另一端与测力传感器连接，提升吊钩以模拟牵引伞提供的气动阻力，通过牵引绳将力依次传递至牵引锁、前安装组件、延伸框架及整体框架，测量并记录在不同牵引力作用下，牵引锁与机舱导轨的间隙。试验原理如图8所示。验证试验情况如图9所示。

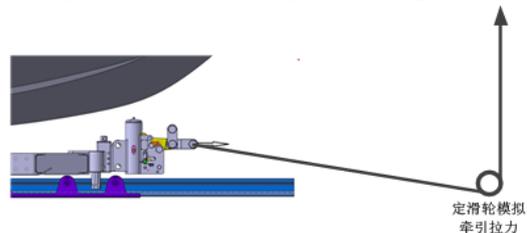


图8 试验原理图



图9 验证试验图

(2) 试验与仿真结果对比。试验结束后，对牵引锁最大向下位移量进行统计并观察样件，具体见表 2。

表 2 试验与仿真结果对比表

工况	结构	试验结果	仿真结果	两者误差	腰型孔中螺栓与孔是否发生相对转动
		mm	mm		
一	装载平	15	15.26	1.7%	是
二	台结构	17.3	17.7	2.3%	是

从试验结果可以看出，在载荷作用下原装载平台牵引锁最大向下位移为 17.3mm，由于牵引锁与机舱导轨初始装配间隙为 10~20mm，故装载平台中牵引锁可能与机舱导轨发生刮擦问题。同时仿真与试验结果最大误差为 2.3%，证明了仿真模型的正确性。

## 2 装载平台结构优化及仿真与试验验证

### 2.1 装载平台结构优化

依据 1.3 章节仿真与试验结果，对装载平台提出优化方案：首先将腰型孔修改为圆形孔；其次在前梁与框架处增加加强板结构。修改前后的结构模型对比图如图 10 所示，优化结构有限元模型如图 11 所示。

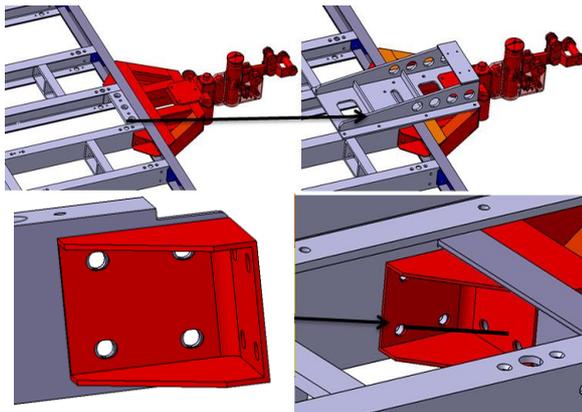


图 10 装载平台改进前后对比图

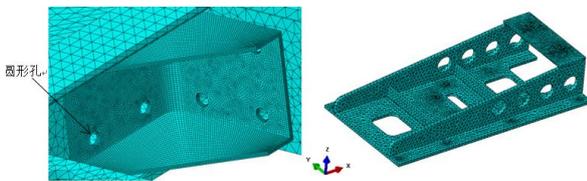


图 11 优化结构有限元模型图

### 2.2 优化结构仿真结果

由仿真可以得出：牵引锁在工况一中的最大向下位移为 4.188mm 如图 12 所示，在工况二中的最大向下位移为 4.82mm 如图 13 所示。

从仿真结果中分析可得：牵引锁的最大向下位移 4.82mm，远小于安装间隙（10mm~20mm）要求，满足优化设计需求。

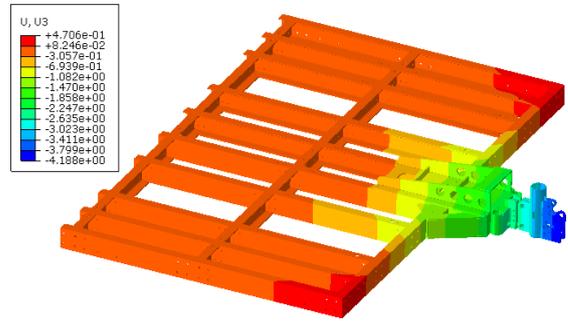


图 12 工况一装载平台牵引锁位移云图(去除蒙皮显示)

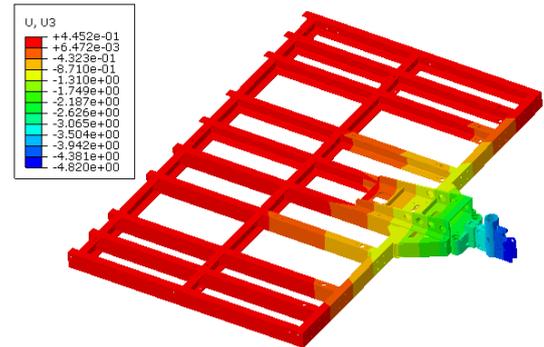


图 13 工况二装载平台牵引锁位移云图(去除蒙皮显示)

### 2.3 优化结构试验验证

采用 1.4 章节试验方法进行试验。试验结束后，对牵引锁最大向下位移量进行统计，具体见表 3。

表 3 试验与仿真结果对比表

工况	结构	试验结果 mm	仿真结果 mm	两者误差
一	优化装载平	4	4.188	4.7%
二	台结构	4.7	4.82	2.55%

从试验结果可以看出，在载荷作用下优化装载平台牵引锁最大向下位移为 4.7mm，由于牵引锁与机舱导轨初始装配间隙为 10~20mm，优化装载平台中牵引锁与机舱导轨不会发生刮擦，满足优化设计需求。同时仿真与试验结果最大误差为 4.7%，证明了仿真模型的正确性。

## 3 结论

本文针对某型空投系统装载平台提升综合性能的需求进行仿真分析与优化设计，结论如下：

(1) 某型空投系统牵引出机时牵引锁向下位移量过大的原因为装载平台的刚度较弱和连接孔椭圆形结构设计不合理；

(2) 根据向下位移量过大的原因对装载平台进行结构优化，对优化结构进行虚实仿真可知：优化结构满足设计要求；

(3) 利用仿真方法不但可为结构的设计及改进提供技术支持，也可提高工程实际中问题的解决效率，保证了装载平台结构的可靠性。

## [参考文献]

- [1]李广义. 国外大型军用运输机发展现状与趋势[J]. 航空制造技术, 2005, 12(9): 36-43.
- [2]步恒祚. 浅议我国军用运输机的发展[J]. 航空科学技术, 2006, 9(2): 3-5.
- [3]张泽祥, 陈自宁, 赵勇. 浅析通用型重装空投装载平台[J]. 中国设备工程, 2021, 4(8): 169-170.
- [4]邱志平. 航空航天结构中的有限元方法[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.

作者简介: 赖慎玮 (2000—), 男, 航宇救生装备有限公司, 助理工程师, 主要从事强度仿真技术研究; 周昊 (1972—), 男, 航宇救生装备有限公司, 正高级工程师, 主要从事强度仿真技术研究; 薛友海 (1989—), 男, 空装驻襄阳地区军事代表室, 助理工程师, 主要从事救生装备质量监督工作; 赵佳锐 (1996—), 男, 航宇救生装备有限公司, 助理工程师, 主要从事重装空投方向。