

某行走机构多体动力学与结构强度联合仿真分析

Co-simulation analysis of multi-body dynamics and structural strength of a walking mechanism

张涛

山东临工工程机械有限公司技术中心 临沂 276023

摘要: 本文应用 MotionView 建立某产品行走机构的多体动力学模型, 通过多体动力学仿真分析, 获得了关键部件的工作载荷历程, 确定了部件的最大载荷. 通过在 HyperMesh 中建立关键部件的有限元模型, 加载 MotionView 输出的载荷信息, 通过 OptiStruct 计算分析, 找到了结构的主要受力位置, 分析结果与结构的实际破坏完全吻合. 最后, 通过联合仿真优化分析, 大幅降低了部件的铰点载荷和应力水平, 保证了结构的可靠性。

关键词: MotionView 行走机构 联合仿真 OptiStruct

Abstract In this paper, a multi-body dynamic model of a walking mechanism is established using the MotionView software. By means of multi-body dynamic simulation analysis, the load history of the key components is obtained and the maximum load is determined. The finite element model of the key components are established in Hypermesh, and the load information that obtained by the motion-view is applied to the model. Calculated by the Optistruct, the main stress position of the structure is identified and the analysis result is consistent with the actual damage position of the structure. Finally, through the Co-simulation technology and optimization analysis, the joint load and the stress of the components are greatly reduced to ensure the reliability the structure.

Key words: MotionView Walking mechanism Co-simulation OptiStruct

1、概述

本文以公司某产品行走机构为研究对象, 该机构主要包括机架、钢轮总成、驱动油缸、摇臂、丝杠。通过 MotionView 建立该产品行走机构的多体动力学模型, 通过多体动力学仿真分析, 获得了关键部件的工作载荷历程, 确定了部件的最大载荷。通过在 HyperMesh 中建立关键部件的有限元模型, 加载 MotionView 输出的载荷信息, 通过 OptiStruct 计算分析, 找到了结构的主要受力位置, 分析结果与结构的实际破坏完全吻合。最后通过联合仿真优化分析, 大幅降低了部件的铰点载荷和应力水平, 保证了结构的可靠性。

2、原结构联合仿真分析

2.1 多体动力学模型建立

在产品实际作业过程中, 首先需要通过驱动此行走机构中的油缸伸出, 推动钢轮总成支

撑到钢轨上，进一步伸出油缸，使轮胎脱离地面，最终使钢轮同时与轮胎和地面接触，通过轮胎的驱动力带动钢轮在钢轨上行走，大体结构如图 1 所示。

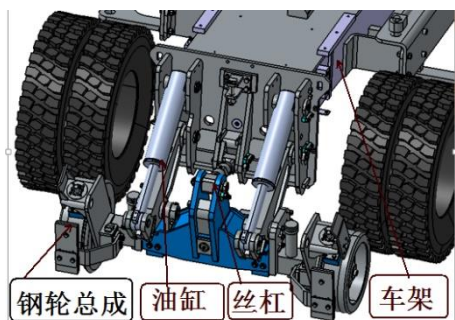


图 1 结构示意图

根据行走结构的实际工作原理，在 MotionView 中建立连接各部件恰当的转动副、移动副、油缸位移驱动等，最终建立了整个行走机构的多体动力学模型，对机构支车运行过程进行多体动力学分析，得到了丝杠两连接点的载荷历程曲线如下图 2 所示。

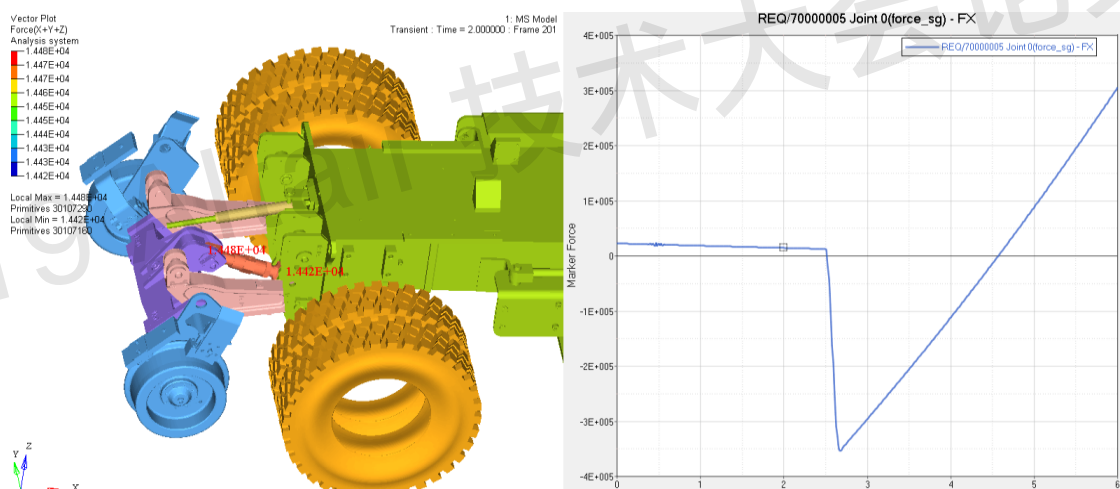


图 2 多体动力学模型

通过上述多体动力学分析，钢轮支地轮胎抬起瞬间，丝杠受到 35T 的压力，当刚轮与轮胎接触瞬间，丝杠受到约 30T 的拉力，因此在整个支车过程中结构受到巨大拉压交变载荷的作用，很容易发生疲劳破坏。因此需要考虑对铰点进行优化，以降低支车过程的交变载荷。

2.2 结构强度分析

将上述多体动力学分析获得的最大载荷加载到丝杠和车架上，在 HyperMesh 中建立结构强度分析模型，通过 OptiStruct 求解计算，得到丝杠及与其连接的车架位置应力水平超过 1000MPa，具体如下图 3、图 4 所示，其发生破坏的可能性极大。

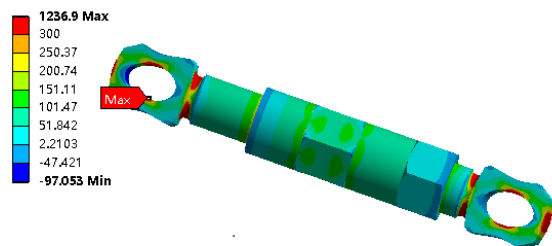


图3 丝杠应力结果

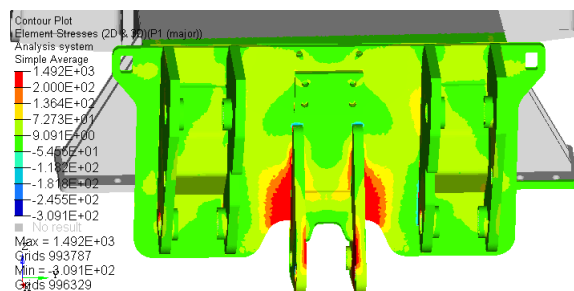


图4 车架结果

2.3 样机结构验证

由于样机采用的是上述分析结构,在实车作业过程中车架和丝杠很快出现了断裂破坏问题(如图5),破坏位置和裂纹扩展趋势与分析结果完全吻合,说明了分析结果的准确性

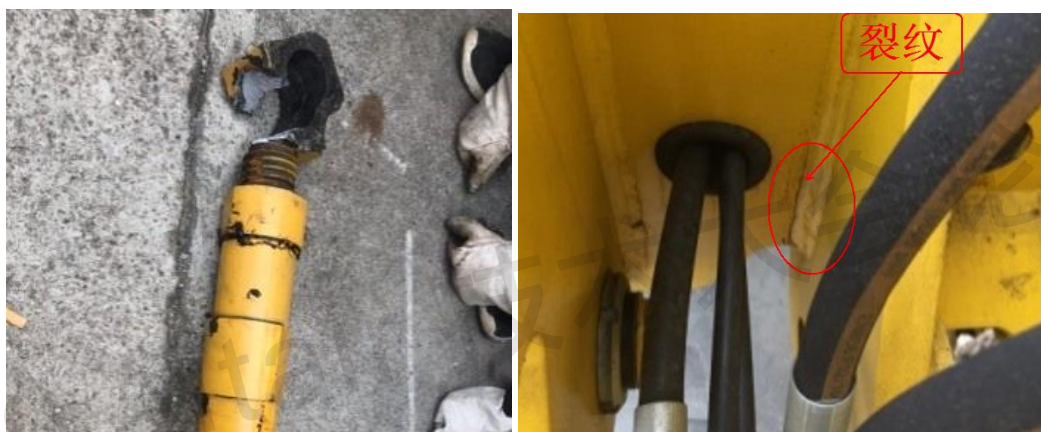


图5 破坏图片

3、新结构优化分析

通过上述分析,可以确认必须对原设计结构进行适当优化,以降低主要受力区域的应力水平,提高行走机构关键部件的可靠性。一方面通过优化行走机构的铰点位置,降低上述部件作业运行过程中铰点的峰值载荷。另一方面优化丝杠和车架的受力结构,提高结构强度,以进一步降低结构的应力水平。

3.1 多体动力学机构铰点优化

在已经建立的多体动力学模型中,在保证机构各项设计约束的前提下,通过适当调整机构的铰点相对位置,不断降低丝杠两铰接点在实际支车作业过程中的最大载荷,优化后通过MotionSolver 多体动力学分析,荷历程曲线变化如下图6所示。



图6 优化前后结构对比

上述分析结果中红色曲线为优化后的铰点载荷曲线，蓝色曲线为原结构铰点载荷曲线。优化后钢轮支地轮胎抬起瞬间，丝杠最大受到 7T 的压力，当刚轮与轮胎接触瞬间，丝杠受到最大约 9T 的拉力，其拉压载荷幅值由原来的 65 吨降低到 16 吨，其交变载荷大幅降低，这将大大降低作业载荷对结构的损伤程度。

3.2 结构强度优化分析

在降低铰点载荷的同时，对关键部件丝杠和车架同时进行强度优化。将丝杠端部的润滑油孔由两端改到头部，避免将其布置到最大的受力截面上；将车架铰接点位置布置加强筋板，形成箱形结构。

将新的最大载荷加载到最新优化的车架和丝杠模型上，在 HyperMesh 中建立结构强度分析模型，通过 OptiStruct 计算，得到新优化结构应力水平如下图 7 所示

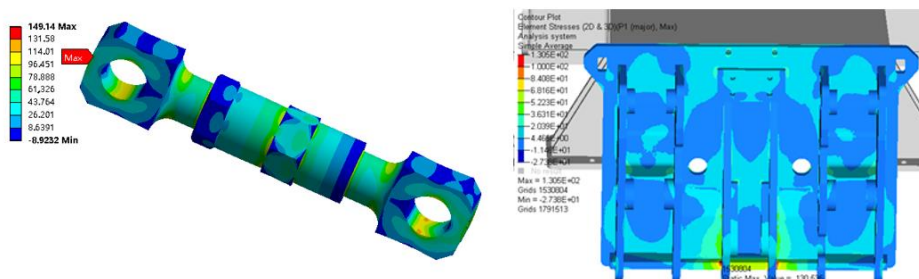


图7 新结构应力云图

通过上述分析结果，可以看到新优化结构应力水平已经大幅降低，丝杠应力为149MPa，车架应力水平130MPa，其可靠性已经得到充分保证。

4、结论

本文应用 HyperWorks 软件多个模块产品，对某产品行走机构进行了多体动力学与结构强度联合仿真分析。分析结果与结构实际破坏情况完全吻合，说明分析结果的准确性。通过多体动力学分析进行铰点优化，大幅降低了机构在实际工作过程的交变载荷幅值；通过对部件结构进行优化，进一步提高了结构强度。两者共同作用，最终优化结构应力水平大幅降低，保证了产品的可靠性。

6、参考文献：

- [1] 李修峰，王亚斌，王晨. MotionView&MotionSolve应用技巧与实例分析(M). 北京：机械工业出版社，2013，5
- [2] 张胜兰，郑冬黎，郝琪等. 基于HyperWorks 的结构优化技术[M]. 北京：机械工业出版社，2008:117-128.