

基于 ANSYS Workbench 的内门架优化设计

孟琨¹, 刘晓立¹, 于治福¹, 范进桢², 张松¹

(1. 河北工程大学 机电学院, 河北 邯郸 056038; 2. 宁波职业技术学院, 浙江 宁波 315800)

摘要:本文以起吊设备内门架为研究对象,利用 Solidworks 软件建立其三维实体模型,并将模型导入 ANSYS Workbench 中进行有限元分析,得到内门架在最危险工况下的等效位移云图和等效应力云图,由图分析可得其强度和刚度均满足设计要求。然后以其立柱截面尺寸为设计变量,强度、刚度为约束条件,质量最小为目标对内门架进行多目标优化设计,结果显示优化后的内门架在质量减少 12% 的同时,静态性能也得到改善。

关键词:内门架; ANSYS Workbench; 有限元分析; 优化设计

中图分类号:TH211

文献标识码:A

Optimization design of inner mast based on ANSYS Workbench

MENG Kun¹, LIU Xiao-li¹, YU Zhi-fu¹, FAN Jin-zhen², ZHANG Song¹

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Ningbo Polytechnic Institute, Zhejiang Ningbo 315800, China)

Abstract: The inner mast of Lifting equipment is selected as research contents, the Solidworks software is used as the 3D solid model establishment, then the model of inner mast is imported into ANSYS Workbench to finite element analysis and to get the equivalent deformation and stress contours clouds which the inner mast under the most dangerous condition, it's intensity and stiffness meet to the requirement of design. Then regard section size of column as design variables, its intensity and stiffness are constraints, the minimum mass is goal, multi-objective optimization design is carried out on the inner mast. The results show that not only the inner mast after optimization in quality is reduced by 12%, but also the static characteristics are improved, which provides reference for the improvement of the inner mast.

Key words: inner mast; ANSYS Workbench; finite element method; optimization design

起吊设备常用于车间、码头等场所,起搬运、升降、堆垛等作用,主要由工作装置、动力装置、行走装置等组成。工作过程中,工作装置直接承受了外界载荷,又由于起吊设备经常连续作业,所以其对工作装置的性能有较高的要求。工作装置由外门架、内门架、叉架、货叉等组成。卞学良^[1]运用 Hypermesh 模块对外门架进行有限元计算和分析,并采用正交试验设计方法对外门架结构进行优化,取得了较好的效果。周京京^[2]采用 Solidworks 软件对门架进行了有限元分析,得出门架在危险工况下的力学性能,并模拟门架的实际工作过程,对门架模型进行运动学仿真,获得了门架支

撑轮处的反作用力,为准确获得门架作用在滑道上的载荷提供了一种有效的计算方法。本文认为内门架受到叉架滚轮的作用力且两立柱之间的横梁连接没有外门架连接的牢固,最终工作装置的性能往往取决于内门架。内门架结构设计是否合理不仅关系到各部件工作时的应力分布、位移变化,进而影响起吊设备的工作效率及稳定性,而且决定了内门架的质量,所以对内门架进行有限元分析并进行优化设计十分必要。

1 内门架三维模型的建立

起吊设备内门架主要由立柱、上横梁、下横

梁、滚轮轴及顶块组成。本文采用 Solidworks 软件对内门架进行三维参数化建模,建模过程忽略对分析结果影响很小的倒角,以减少分析时的计算量,节约时间^[3]。设定的尺寸参数为立柱腹板高度一半 DSD1,立柱翼缘板宽度 DSD2,立柱翼缘板厚度 DSD3,立柱腹板厚度 DSD4。

2 内门架有限元分析

2.1 建立有限元模型

将内门架三维模型导入 ANSYS Workbench 后,首先赋予其材料属性^[4]。内门架采用材料 16Mn,其弹性模量 E 为 2.06×10^{11} Pa,泊松比 μ 为 0.3,密度 ρ 为 $7\ 850\ \text{kg/m}^3$,屈服强度为 345 MPa,取安全系数 2.5。然后对其进行网格划分,本文采用 ANSYS Workbench 默认的自由网格划分方法进行初步网格划分,再对局部进行细化,总计生成 24 614 个单元,53 131 个节点。

2.2 施加载荷及约束

在工作过程中,当叉架承载着额定载荷的物体起升至最大起升高度,此时为最危险工况。针对内门架在最危险工况时的状态,对叉架的上下滚轮与内门架翼缘接触区域施加 9 321 N 的力,对两个上滚轮轴施加 Y 方向位移约束,对两个下滚轮轴施加全自由度约束。施加载荷及约束后的模型如图 1 所示。

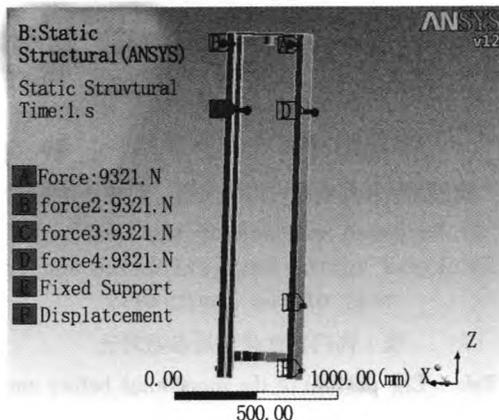


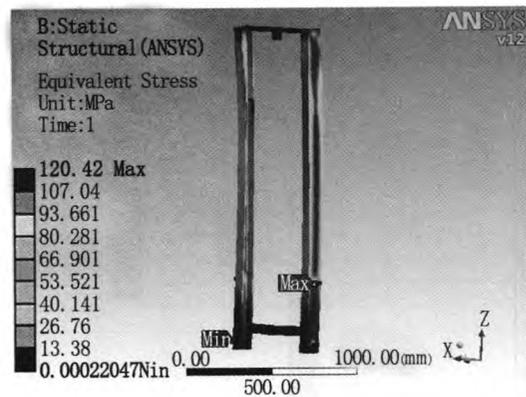
图1 内门架载荷及约束

Fig.1 The load and constraint of inner mast

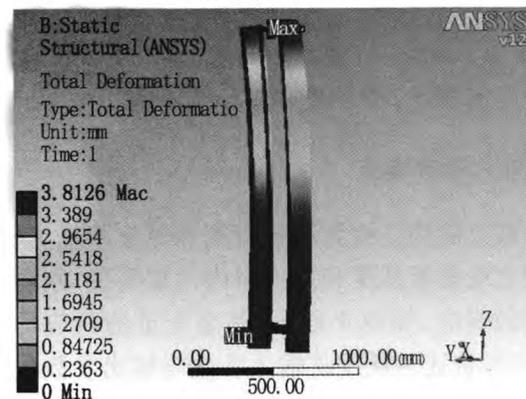
2.3 结果分析

经求解,得到内门架等效应力云图如图 2(a) 所示,最大应力出现在上滚轮轴与内门架立柱连接处,大小为 120.42 MPa,则安全系数为 2.86;等

效位移云图如图 2(b) 所示,最大位移出现在内门架顶端,大小为 3.81 mm,而许用挠度为 10 mm,均满足设计要求。



(a) 等效应力云图



(b) 等效位移云图

图2 等效应力及等效位移云图

Fig.2 The equivalent stress and deformation contours clouds

3 内门架优化设计

3.1 确定目标函数

为了实现内门架在减少质量以达到提高经济效益的同时,静态性能不降低的目标,现以立柱截面尺寸为设计变量,强度、刚度为约束条件,内门架质量最小为目标进行优化设计。

3.2 优化尺寸灵敏度分析

通过灵敏度计算各优化尺寸对响应的导数,明确结构响应对优化尺寸的敏感程度,可确定优化尺寸对内门架各性能参数影响的大小,并将灵敏度较大的尺寸作为最终的优化尺寸即输入参数进行优化,可提高优化效率^[5]。

由图 3 可得,内门架质量随着 4 个优化尺寸的增大而增大,刚度随着 4 个优化尺寸的增大而

减小,而优化尺寸对强度的影响正负不一,其随着DSD1、DSD3、DSD4增大而减小,随着DSD2增大而增大^[6]。通过分析,4个优化尺寸对内门架质量、刚度、强度的影响因子均较大,因此作为最终的优化尺寸进行优化,不再删减。

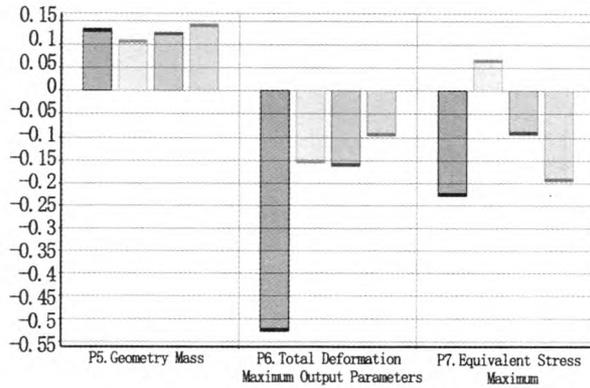


图3 灵敏度分析
Fig.3 The analysis of sensitivity

3.3 输入参数响应

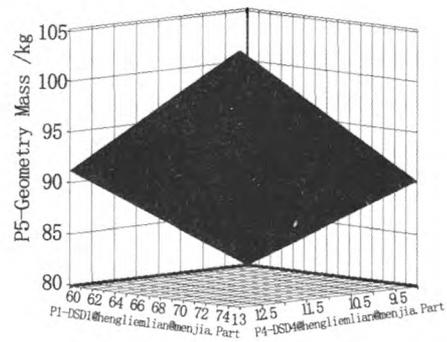
现以保持立柱翼缘板宽度和厚度不变为例,观察立柱腹板高度和厚度对内门架质量、刚度及强度的响应,如图4所示,其余变量的响应均类似,不再赘述。从反映输入参数与输出参数的响应曲面可知,内门架质量与强度、刚度呈现制约关系,随着立柱腹板高度和厚度的减小内门架质量也相应减小,但是其刚度和强度会随之增大^[7],这也验证了优化尺寸灵敏度分析的正确性。由于不可能出现三者同时达到最小的目的,现以减少内门架质量为优先优化目标进行优化设计。

3.4 优化设计

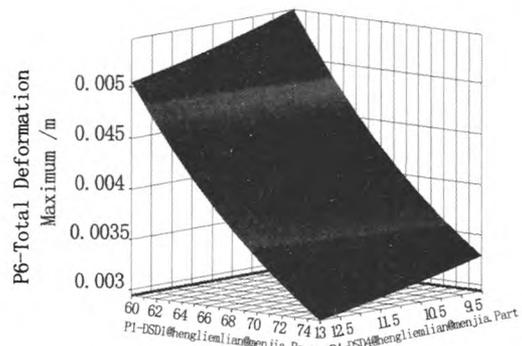
ANSYS Workbench 中的 Design Explorer 模块作为一种快速优化工具,采用实验数据法(即DOE法),根据需要优化的参数的数目,通过蒙特卡罗抽样技术,采集设计参数,计算每个样点的响应结果,并可利用二次插值函数构造设计空间的响应面云图或响应曲线,从而实现多目标优化^[8-9]。

优化过程中,参数DSD1初始值为66.5 mm,设定变化范围为60~75 mm;参数DSD2初始值为50 mm,设定变化范围为44~55 mm;参数DSD3初始值为16 mm,设定变化范围为12~17 mm;参数DSD4初始值为12 mm,设定变化范围为9~13 mm。设定样本数为5 000。按照设定的优化目标,Design Explorer 将会产生候选的优化设计点,将其中一组最优设计点作为正式设计点,并按该

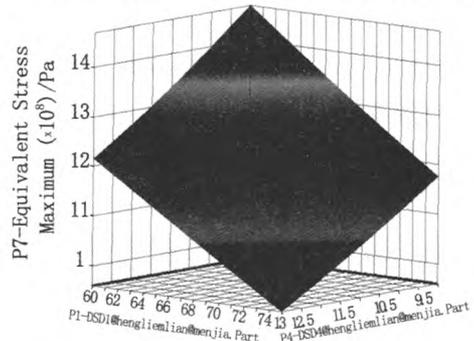
设计点的尺寸对原有模型进行再生^[10],对新生成的内门架模型进行有限元分析,优化前后各参数数值对比如表1所示。



(a) 腹板高度、厚度对内门架质量的响应曲面



(b) 腹板高度、厚度对内门架刚度的响应曲面



(c) 腹板高度、厚度对内门架强度的响应曲面

图4 腹板高度和厚度对内门架质量、刚度及强度的响应
Fig.4 Response surface of the web's height and thickness to the mass stiffness and intensity of the inner mast

表1 内门架优化前后参数对比

Tab.1 Comparison of the inner mast before and after optimization

名称	优化前	优化后
DSD1/mm	66.5	74.88
DSD2/mm	50	44.29
DSD3/mm	16	14.07
DSD4/mm	12	9.44
最大等效应力/MPa	120.42	111.98
最大等效位移/mm	3.81	3.55
质量/kg	97.88	86.14

由表1可以得出,优化后的内门架在质量减少12%的情况下,最大等效应力降低了7%,最大等效位移降低了6.89%。在满足设计要求的前提下实现了优化目标,优化效果良好。

4 结论

(1)内门架的强度满足设计要求,但在滚轮轴独柱连接处以及腰板外侧与翼缘板外侧连接处存在应力集中现象,影响其疲劳寿命。在改进设计中,可通过材料力学性能的提示加以解决。

(2)内门架自下而上其位移变形量逐渐增大,在顶端达到最大值。虽然满足设计要求,但为了使其工作时更稳定、安全,可通过将横梁的布置高度提高或增加横梁数目等措施来增强内门架的刚度。

(3)优化后的内门架在质量减少12%的情况下,最大等效应力降低7%,最大等效位移降低了6.89%。

参考文献:

[1] 卞学良, 罗明军, 穆希辉, 等. 全向蓄电池侧面叉车外门架的有限元分析及优化[J]. 工程机械, 2006(7): 35-38.

(上接第89页)

4 结论

(1)本算法能够根据镜头内容的复杂程度,自适应地提取出不同数量,且具有代表性的关键帧。

(2)在体育类、新闻类、动画类、电影类的视频中,本文算法的查全率和查准率都优于传统的直方图法,运动分析法和二维蚁堆算法。

参考文献:

[1] TANIGUCHI Y. An intuitive and efficient access interface to real-time incoming video based on automatic indexing [C]// Proc of ACM Multimedia. San Francisco, 1995: 25-33.
 [2] 汪勤. 基于视频图像处理的无人值守变电站在线检测的研究[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2013, 26(3): 91-94.
 [3] 瞿中, 高腾飞, 张庆庆. 一种改进的视频关键帧提取算法研究[J]. 计算机科学, 2012(8): 300-303.
 [4] 柴饶军, 马彩文. 图像序列中目标关键帧快速搜索算法[J]. 光子学报, 2004(10): 1233-1235.
 [5] WOLF W. Key frame selection by motion analysis[C]//

[2] 周京京, 穆希辉, 马振书, 等. 全向侧面叉车门架有限元分析及运动仿真[J]. 起重运输机械, 2009(2): 65-68.
 [3] 汪宇, 王东方. 基于 ANSYS Workbench 的立式加工中心床身有限元分析和优化设计[J]. 制造业自动化, 2009, 31(9): 129-131.
 [4] 慕灿. 复杂结构 UG NX 模型导入 ANSYS Workbench 的方法研究[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2013, 26(4): 33-36.
 [5] 浦广益. ANSYS Workbench 12 基础教程与实例详解[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2010.
 [6] 周政亮, 王贵飞, 丛明. 基于 ANSYS Workbench 的主轴箱有限元分析及优化设计[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2012(3): 17-20.
 [7] 李兵, 何正嘉, 陈雪峰. ANSYS Workbench 设计、仿真与优化[M]. 北京:清华大学出版社, 2008.
 [8] 马静敏, 范云霄. 基于 ANSYS Workbench 的太阳能热水器支架优化设计[J]. 轻工机械, 2011, 29(5): 97-101.
 [9] 刘学文, 刘康, 刘光磊, 等. 龙门加工中心横梁部件静态特性分析[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2013, 26(5): 44-47.
 [10] 凌桂龙, 丁金滨, 温正. ANSYS WorkBench 13.0 从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社, 2012.

(责任编辑 王利君)

Proc of IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing. Atlanta, 1996: 1228-1231.

[6] 顾家玉, 覃团发, 陈慧婷. 一种基于 MPEG-7 颜色特征和块运动信息的关键帧提取方法[J]. 广西大学学报:自然科学版, 2010(2): 310-314.
 [7] YANG SHUPING, LIN XINGGANG. Key frame extraction using unsupervised clustering based on a statistical model[J]. Tsinghua Science and Technology, 2005(2): 169-173.
 [8] HUA MAN, JIANG PENG. A feature weighed clustering based key-frames Extraction method[C]. // Proceedings of the 2009 International Forum on Information Technology and Applications. Piscataway, 2009: 69-72.
 [9] 张建国, 刘海燕, 孙淑敏. 改进的蚁群算法与凝聚相结合的关键帧提取[J]. 计算机工程与应用, 2013(3): 222-226.
 [10] 贾存锋, 朱加雷, 焦向东, 等. GMAW 熔滴过渡高速摄像系统与熔滴边缘提取[J]. 河北科技大学学报, 2013, 34(4): 316-319.
 [11] 王娟, 孔兵, 贾巧丽, 等. 基于颜色特征的图像检索技术[J]. 计算机系统应用, 2011(7): 160-164.

(责任编辑 王利君)

基于ANSYS Workbench的内门架优化设计

作者: [孟琨](#), [刘晓立](#), [于治福](#), [范进桢](#), [张松](#), [MENG Kun](#), [LIU Xiao-li](#), [YU Zhi-fu](#), [FAN Jin-zhen](#),
[ZHANG Song](#)

作者单位: [孟琨, 刘晓立, 于治福, 张松, MENG Kun, LIU Xiao-li, YU Zhi-fu, ZHANG Song \(河北工程大学机电学院, 河北邯郸, 056038\)](#), [范进桢, FAN Jin-zhen \(宁波职业技术学院, 浙江宁波, 315800\)](#)

刊名: [河北工程大学学报 \(自然科学版\)](#) 

英文刊名: [Journal of Hebei University of Engineering \(Natural Science Edition\)](#)

年, 卷(期): 2014, 31(1)

参考文献(10条)

1. [卞学良; 罗明军; 穆希辉](#) 全向蓄电池侧面叉车外门架的有限元分析及优化 2006(07)
2. [周京京; 穆希辉; 马振书](#) 全向侧面叉车门架有限元分析及运动仿真 2009(02)
3. [汪宇; 王东方](#) 基于ANSYS Workbench的立式加工中心床身有限元分析和优化设计 2009(09)
4. [慕灿](#) 复杂结构UG NX模型导入ANSYS Workbench的方法研究 2013(04)
5. [浦广益](#) ANSYS Workbench 12基础教程与实例详解 2010
6. [周孜亮; 王贵飞; 丛明](#) 基于ANSYS Workbench的主轴箱有限元分析及优化设计 2012(03)
7. [李兵; 何正嘉; 陈雪峰](#) ANSYS Workbench设计、仿真与优化 2008
8. [马静敏; 范云霄](#) 基于ANSYS Workbench的太阳能热水器支架优化设计 2011(05)
9. [刘学文; 刘康; 刘光磊](#) 龙门加工中心横梁部件静态特性分析 2013(05)
10. [凌桂龙; 丁金滨; 温正](#) ANSYS WorkBench 13.0从入门到精通 2012

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb201401026.aspx