

基于 Ansys 的数控立体仓库升降车底座优化

马岩, 武路鹏, 吴哲

(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

摘要: **目的** 为了减轻数控立体仓库升降车底座的质量, 从而保证其结构强度满足要求, 现利用有限元模拟升降车底座性能。 **方法** 先通过 Solidworks 2010 完成升降车底座的建模, 再导入有限元分析软件 Workbench 分析其结构强度, 根据分析结果修改模型, 直至其结构强度满足要求。 **结果** 通过改变升降车底座的厚度和结构得出不同受力以及变形情况, 并对试验结果加以分析和优化。 **结论** 厚度为 4 mm 的底座通过增加加强筋, 结构强度满足要求, 质量比厚度为 5 mm 底座减少 20.01 kg, 节省了材料, 提升了系统整体的性能。

关键词: 数控立体仓库; Ansys; 升降车底座; 有限元分析

中图分类号: TH16

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)07-0081-05

Optimization of Lifting Truck's Chassis of NC Warehouse Based on Ansys

MA Yan, WU Lu-peng, WU Zhe

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

ABSTRACT: **Objective** To reduce the weight of lift truck's chassis of NC warehouse and guarantee its structural strength to meet the requirements. Finite element was used to simulate the performance of lift truck's chassis. **Methods** Solidworks 2010 software was used to create the 3D model of Lifting truck's chassis of NC warehouse, and then Ansys software workbench was introduced for finite element analysis of structural strength. According to the results, the model was modified until the structural strength met the requirements. **Results** Different force and deformation were obtained by changing the thickness and structure of the Lifting truck's chassis, and the test results were analyzed and optimized. **Conclusion** After increasing the stiffener, not only the structural strength of the chassis with 4mm thickness met the requirements, but its quality was also reduced by 20.01 kg as compared to the chassis with 5mm thickness, which saved materials and improved the overall performance of the system.

KEY WORDS: NC warehouse; Ansys; lifting trolley's chassis; finite element analysis

数控立体仓库即自动化仓库货柜,是由电脑控制的自动存取货物的仓储设备。它的发展始于20世纪50年代中叶的欧洲,到了20世纪70年代,德国亨尔和瑞士卡迪斯等公司相继开发出工业用的垂直旋转式自动货柜。进入20世纪80年代,世界市场对工业用的垂直自动化仓库有了巨大的需求,数控立体仓库处在物流系统的重要地位^[1-3]。随着我国加入

WTO,我国经济融入世界经济一体化的进程加快,电子商务、物流、供应链管理是当前经济发展的必然趋势^[4-5]。它与传统仓库相比有以下优点:全自动化操作,存取物品方便,速度快,节省时间;充分利用空间,能够在占地面积最小的情况下,充分利用现有的空间高度,从而使仓储能力增加60%以上;降低劳动强度,提高生产效率;由于是密闭的,存储的物品可以有

收稿日期: 2014-01-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31170517, 31200434); 教育部博士点基金新教师类(20120062120009); 中国博士后科学基金(2013M531007)

作者简介: 马岩(1955—),男,吉林榆树人,工学硕士,东北林业大学教授,主要研究方向为机械设计。

效地避免灰尘、阳光的侵害;具有保密授权功能,可以对不同的用户设置不同的密码,一般用户无法提取被锁定用户的物品;可以实现智能管理,当低于最小库存量时,系统会自动提示补充,因而不会出现库存短缺;具有先进先出的功能,不会有货物长期存放而失效;随着信息技术和网络技术的发展,数控立体仓库最大的优点是可以对货物进行实时管理。由于数控立体仓库的这些特点,因此已经有越来越多的用户使用这种产品,循环经济提高了生产效率^[6-7]。

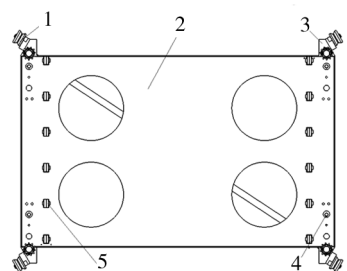
在数控立体仓库的诸多零部件中,升降车底座是非常重要的零件,承载着较大的压力和拉力。它的质量直接影响着整个系统的响应速度。一般情况下,设计者尽量增加底座钣金的厚度以保证系统具有足够的强度,但是如果升降车底座的质量大,其惯性也大,对系统内的齿轮传动、链传动及电机减速器的损害就会大。反之如果底座钣金厚度小,致使强度不足,又会严重影响升降车的停留位置精度,并且隐藏着严重的安全隐患。由此可见,对其结构进行合理设计及分析,并提出优化方案就显得十分必要。

随着计算机技术的发展,应用基于有限元法的计算机辅助工程(CAE)的方法越来越普及,40多年来,解决了诸多难题,在结构优化及减重方面发挥了不可替代的作用,提高了系统的可靠性,缩短了设计周期,一些行业还将有限元方法指定为强度和刚度校核必须的工具^[8-10]。

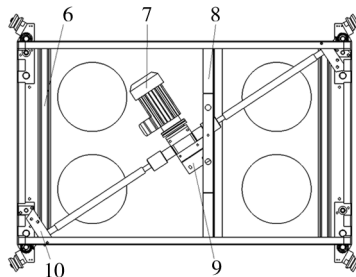
1 升降车组成与分析

数控立体仓库升降车见图1,是由导向轮1、底座2、链轮锥齿轮安装座3、纵向链条连接轴4、托轮5、托轮护罩6、传动总成7、连接板8、电机连接板9、传动轴支承座10等组成。升降车主要在出入库时作升降运动,升降车通过纵向链条连接轴与竖直链条连接,在提升机构的作用下完成升降动作。出库时,升降车在竖直链条的牵引下运动到目标仓位停止,传动总成工作,水平链条上的小钩将托盘拖到升降车上,传动总成停止工作,升降车运动到出库口,传动总成工作,将托盘推到仓库口载物台。入库时,水平链条上的小钩将仓库口载物台上的托盘拖到升降车上,升降车上升到目标仓位,传动总成工作,将托盘推入目标仓位。

假设升降车处于满载静止状态。4个纵向链条连接轴分别固定在4个链轮锥齿轮安装座上,4个链轮锥齿轮安装座通过螺栓连接在升降车底座上。因



a 正视图



b 后视图

1. 导向轮 2. 底座 3. 链轮锥齿轮安装座 4. 纵向链条连接轴 5. 托轮
6. 托轮护罩 7. 传动总成 8. 连接板 9. 电机连接板 10. 传动轴支承座

图1 升降车结构

Fig. 1 structure of the lift truck

此,当竖直链条牵引小车上升时,可以看成4个链轮锥齿轮安装座分别给升降车底座4个竖直向上的力 F_a, F_b, F_c, F_d 。传动总成通过螺栓连接到升降车底座上,由于传动总成自身的质量具有重力,给升降车底座一个竖直向下的拉力 F_m 。托盘通过12个托轮将托盘自身重力和货物重力转换为压力分散作用在升降车底座上,表示为 F_1 到 F_{24} ,底座自身还受一个竖直向下的重力 G ,受力分析见图2(其他零件由于对底座作用力不大,故忽略不计)。

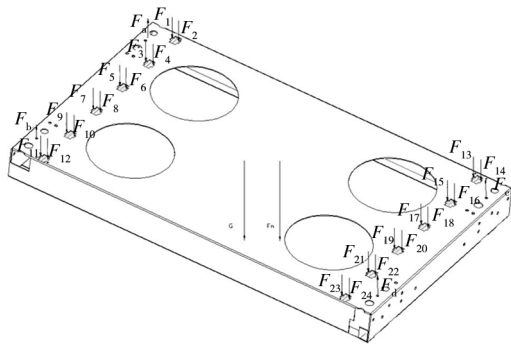


图2 升降车底座受力分析

Fig. 2 Stress Analysis of the lift truck's chassis

在Solidworks中通过查找升降车底座、传动总成

和托盘的文件属性可知升降车底座的质量 m_1 为 42.665 kg,传动总成的质量 m_2 为 13.860 kg,托盘的质量 m_3 为 5.452 kg。

由静止时升降车处于平衡状态,所以 $F_a+F_b+F_c+F_d=F_m+G+F_1+F_2+\cdots+F_{23}+F_{24}$,其中 $G=m_1\times g=418.117\text{ N}$, $F_m=m_2\times g=135.828\text{ N}$ 。

托盘最大载重量 m_4 为 500 kg,所以,托盘和货物对升降车底座的压力 $F=m_3\times g+m_4\times g=4953.430\text{ N}$ 。

假设托盘和货物对升降车底座的压力平均地分散在升降车底座上,所以, $F_1=F_2=\cdots=F_{23}=F_{24}=1/24\times F=206.393\text{ N}$

$$F_a=F_b=F_c=F_d=1/4\times(F_m+G+F)=1376.844\text{ N}$$

2 升降车底座强度分析

2.1 添加约束及力

文中升降车底座采用的材料为 Q-235。根据数控立体仓库工作时升降车的运行状态进行约束,采用

在升降车底座 4 个侧面约束,同时在升降车底座上加力,加力情况见图 3。

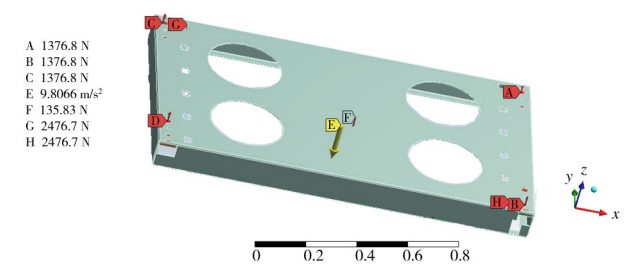


图 3 升降车底座加力示意
Fig.3 Schematic afterburner of the lift truck's chassis

2.2 最大等效应力、最大变形量及最小安全系数图

升降车底座采用 4 mm 厚和 5 mm 厚钢板时的等效应力、总体变形及安全系数见图 4。

升降车底座采用 4 mm 厚和 5 mm 厚钢板时参数见表 1。

由表 1 分析可知,底座厚度为 4 mm 时强度明显

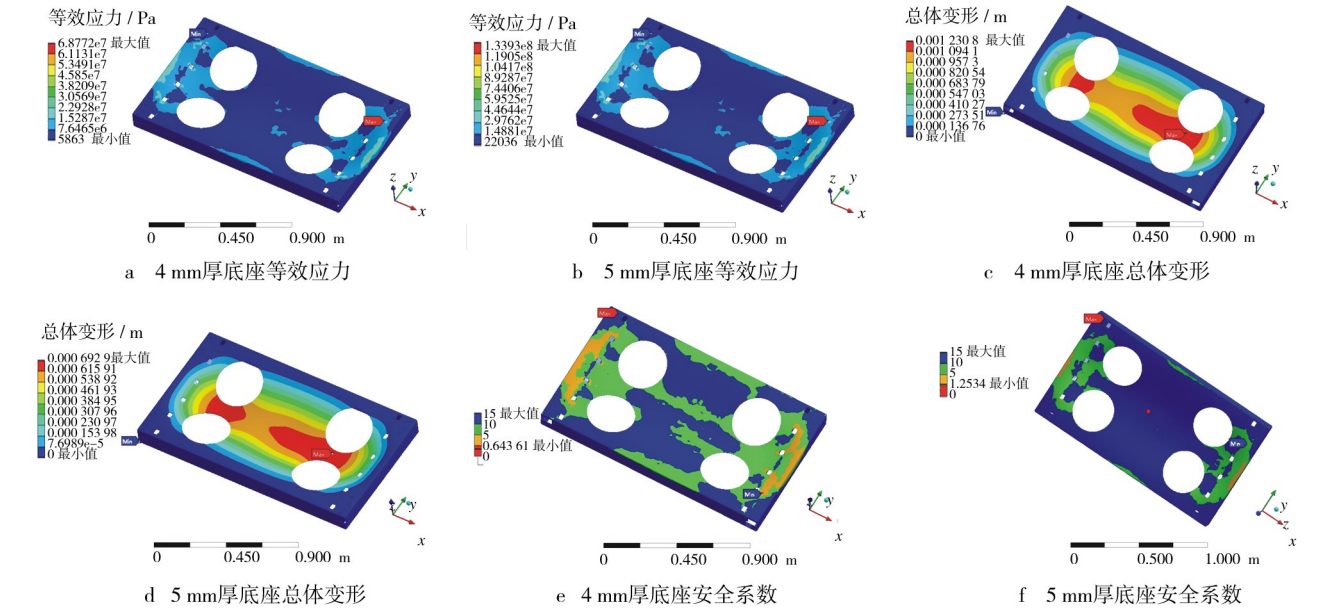


图 4 不同厚度底座的等效应力、总体变形和安全系数

Fig.4 Equivalent stress,overall deformation and safety factor of chassis with different thickness

表 1 不同厚度底座参数

Tab.1 Parameter of chassis with different thickness

底座厚度 /mm	最大等效 应力/Pa	最大变形 量/mm	安全系数	底座质量 /kg
4	7.145	1.640	0.644	55.240
5	6.877	0.693	1.253	76.280

不足,不予采用;底座厚度为 5 mm 时强度足够大,于是

寻求一种方案既满足强度要求,又使底座质量不太大。

3 优化设计

3.1 优化方案

从安全系数云图中可以看出,强度最小处为底座

受链轮锥齿轮安装座拉力与托轮压力交界处,特别是支撑托轮处的底座板非常危险。通过分析,4 mm 厚的升降车底座已不能满足设计要求,现提出 2 种方案。

- 1) 将升降车底座板厚度整体增加至 5 mm。
- 2) 将 4 mm 厚的升降车底座进行局部加强。

第 1 种方案在第 2 节中已经分析,强度足够,满足设计要求。现对第 2 种方案进行分析,在支撑托轮的底座板设计 8 个厚度为 60 mm 的加强筋,进行有限元分析。加强底座的最大等效应力图、最大变形量图 and 最小安全系数图见图 5。

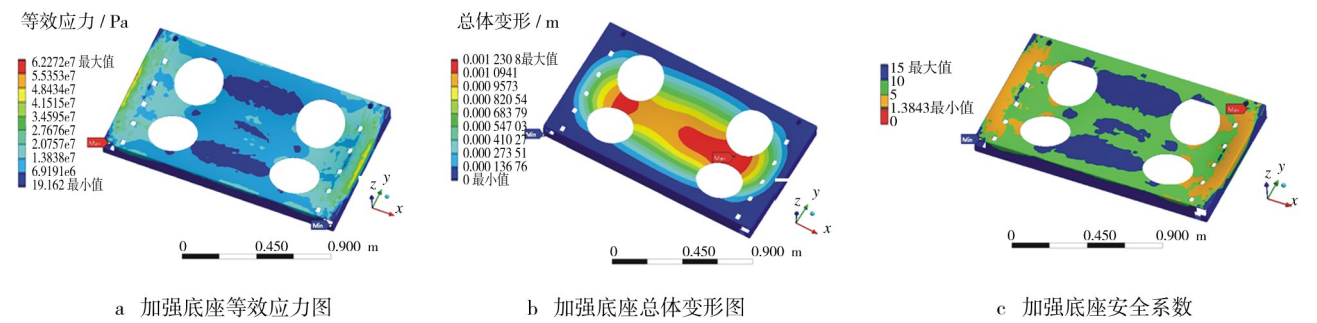


图 5 加强底座的最大等效应力、总体变形和最小安全系数

Fig.5 Equivalent stress, overall deformation and safety factor of the strengthened chassis

3.2 优化结果分析

5 mm 厚底座与 4 mm 厚加强底座参数对比见表 2。

表 2 优化前后参数变化对比

Tab.2 Comparison of parameters before and after optimization

底座厚度/mm	最大等效应力/Pa	最大变形/mm	最小安全系数	底座质量/kg
5	6.877	0.693	1.253	76.280
4(加强)	6.227	1.094	1.384	56.270

通过对优化结果的分析可知,4 mm 厚的底座增加加强筋后与 5 mm 厚的底座相比,虽然变形量增大,但 1.094 mm 的变形量已经满足了设计要求;最小安全系数明显提升,从 1.253 提升到 1.384,升降车在运行过程中更加安全;底座质量明显减小,从 76.280 kg 减少到 56.270 kg,不仅节省了 20.010 kg 的材料,也提升了整个数控立体仓库的性能。

4 结语

文中通过 Ansys 有限元分析软件对数控立体仓库升降车底座进行了结构静力的分析,分析结果直观地表示出升降车底座应力最大位置以及受力变形情况。结果显示,4 mm 厚的升降车底座经过加强后能满足强度及刚度要求,而且节省了材料,提升了系统的性能。

参考文献:

[1] 徐伟民,孙国正. 现代物流推动包装工程学科的新发展[J]. 包装工程,2003,24(5):152—153.
XU Wei-min,SUN Guo-zheng. Modern Logistics Promote New Development of Packaging Engineering Disciplines[J]. Packaging Engineering,2003,24(5):152—153.

[2] 梁美华,吴若梅. 基于一体化包装设计的包装循环经济的研究与探讨[J]. 包装工程,2007,28(8):198—199.
LIANG Mei-hua,WU Ruo-mei. Study and Explore of Packaging Design and Packaging Recycling Economy Based on Integration[J]. Packaging Engineering,2007,28(8):198—199.

[3] 杨玮,刘昌祺,曹巨江,等. 物流配送中心拣货系统分析[J]. 包装工程,2005,26(1):107—109.
YANG Wei,LIU Chang-qi,CAO Ju-jiang,et al. Logistics Distribution Center Picking System Analysis[J]. Packaging Engineering,2005,26(1):107—109.

[4] 胡燕祝,吕宏义. 物流配送中心的规划与管理[J]. 包装工程,2007,28(5):24—27.
HU Yan-zhu,LYU Hong-yi. Planning and Management of Logistics Distribution Center[J]. Packaging Engineering,2007,28(5):24—27.

[5] 陶钢. 自动仓储货柜在电子制造业的应用[J]. 物流技术与应用,2004(4):99—100.
TAO Gang. Applications of Automatic Storage Containers in the Electronics Manufacture[J]. Logistics Technology and Application,2004(4):99—100.

[6] 张英英,王毅. 自动货柜及其应用[J]. 物流技术与应用,

- 2010(11):86—88.
- ZHANG Ying-ying, WANG Yi. Automatic Container and Its Application[J]. Logistics Technology and Application, 2010(11):86—88.
- [7] 王振林, 曹梅丽, 周建伟, 等. 包装系统工程[J]. 包装工程, 2005, 26(5):2—4.
- WANG Zhen-Lin, CAO Mei-li, ZHOU Jian-wei, et al. Packaging Systems Engineering[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5):2—4.
- [8] 邢力平, 王启家. 基于 ANSYS 的砂光机主梁连接板静强度分析与优化[J]. 木材加工机械, 2013(5):1—4.
- XING Li-ping, WANG Qi-jia. Static Strength Analysis and Optimization of Connection Plate of Sanding Machine Based on ANSYS[J]. Woodworking Machinery, 2013(5):1—4.
- [9] 曾攀. 工程有限元方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- ZENG Pan. Engineering Finite Element Method[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [10] 宋洪震. ANSYS 在包装工程中的应用[J]. 包装与食品机械, 2008(3):43—44.
- SONG Hong-zhen. Application of ANSYS in the Packaging Engineering[J]. Packaging and Food Machinery, 2008(3):43—44.
- [11] 邓震, 姜武华, 黄新林. 基于 Workbench 驱动桥壳的强度分析和优化设计[J]. 北京汽车, 2013(3):31—35.
- DENG Zhen, JIANG Wu-hua, HUANG Xin-lin. Strength Analysis and Optimization Design of the Drive Axle Based on Workbench[J]. Beijing Automotive, 2013(3):31—35.
- [12] 翟彤. 基于 SolidWorks 的包装容器的结构设计[J]. 包装工程, 2007, 28(1):92—93.
- ZHAI Tong. Structural Design of Packaging Container Based on Solidwork[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(1):92—93.
- [13] GU J, GOETSCHALCKX M, MCGINNIS L F. Research on Warehouse Operation: A Comprehensive Review[J]. European Journal of Operational Reserch, 2007, 177(1):1—21.
- [14] GU J, GOETSCHALCKX M, MCGINNIS L F. Research on Warehouse Design and Performance Evaluation: A Comprehensive Review[J]. European Journal of Operational Reserch, 2010, 203(3):539—549.
- [15] HAUSMAN W H, SCHWARZ L B, GRAVES S C. Optimal Storage Assignment in Automatic Warehousing System[J]. Management Science, 1976, 22(6):629—638.
- (上接第33页)
- [11] 赵郁聪, 王德忠, 苟进胜. 直四棱台折叠纸盒自锁底成型条件的分析[J]. 包装工程, 2004, 25(4):161—162.
- ZHAO Yu-cong, WANG De-zhong, GOU Jin-sheng. Analysis to the Shaping of Auto End-locked Structure in Vertical Rectangle-terrace Folding Carton[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4):161—162.
- [12] 王德忠. 纸盒包装的地位及其发展趋势[J]. 包装工程, 1999, 20(5):11—13.
- WANG De-zhong. The Position and Developing Tendency of Paper Box Packing[J]. Packaging Engineering, 1999, 20(5):11—13.
- [13] 袁毅. 不同锁底结构对纸盒力学性能的影响[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2012.
- YUAN Yi. Research on Carton's Mechanical Properties of Bottom Lock Structure[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2012.
- [14] ZHANG N, WANG J M, MAO C C. Research Based on Product Redesign of Packaging Waste[C]//Thirteenth Na-
- tional Conference on Packaging Engineering, Tncpe 13, 2010:412—415.
- [15] YANG Q J, LIU J Y, HAN X M. Life Cycle Assessment System Design for Packaging Industry[C]//Proceedings of the 17th Iapri World Conference on Packaging, 2010:198—201.
- [16] 张新昌, 刘慧. 折叠纸盒抗压强度经验计算公式的探讨[J]. 包装工程, 2008, 29(10):66—68.
- ZHANG Xin-chang, LIU Hui. Discussion on the Empirical Formula of Compressive Strength of Folding Carton[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10):66—68.
- [17] 方伟, 崔鹏坤. 灰底白板纸与白卡纸阶调再现性和色彩再现性能研究[J]. 北京印刷学院学报, 2009, 17(2):9—13.
- FANG Wei, CUI Peng-kun. The Tone Reproduction and Colour Reproduction between Ash Bottom Whiteboard and White Cardboard[J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication, 2009, 17(2):9—13.