

称量传感器蠕变误差检测装置设计

张昌明, 贺洋洋, 郭昌盛, 冯博琳
(陕西理工大学, 汉中 723000)

摘要: **目的** 为了提高现有称量传感器蠕变误差检测的检测效率和自动化程度, 设计一种具有自动化砝码加载和卸载, 以及数据采集、处理和存储功能的新型称量传感器蠕变误差检测装置。**方法** 利用有限元分析技术来对称量传感器蠕变误差检测装置机架进行静力学分析, 从而验证称量传感器蠕变误差检测装置设计的合理性。**结果** 根据分析结果可以看出, 称量传感器误差检测装置主要组成装置机架的最大应力为 29.44 MPa, 小于机架材料的屈服强度, 进一步验证了该检测装置结构设计合理。**结论** 通过该装置可实现更准确的蠕变误差检测, 提高了公司及生产厂家的自动化管理水平。

关键词: 称量传感器; 蠕变误差检测; 有限元; 自动化

中图分类号: TB486; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)13-0150-04

Design of Creep Error Detection Device for Weighing Sensor

ZHANG Chang-ming, HE Yang-yang, GUO Chang-sheng, FENG Bo-lin
(Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a new creep error detection device for weighing sensor with automatic weight loading and unloading as well as such functions as data collection, processing and storage, so as to improve the efficiency and automation degree of the existing creep error detection of weighing sensor. The finite element analysis technique was used to analyze the statics of the creep error detection device frame for weighing sensor, thus verifying the design rationality of the creep error detection device for weighing sensor. According to the analysis results, it could be seen that the maximum stress of the frames for the main components of the error detection device for weighing sensor was 29.44 MPa, which was less than the yield strength of the frame material. It was further verified that the structural design of the tested device was reasonable. With such device, the more accurate creep error detection can be achieved, which improves the automatic management level of the companies and manufacturers.

KEY WORDS: weighing sensor; creep error detection; finite element; automation

在信息高速发展的今天, 称量传感器在设计与制造方面得到快速发展, 其发展的两大趋势是集成化和智能化。微处理器的性能决定了称量传感器的智能化程度, 集成化使得称量传感器的体积和能耗大大降低。目前具有数据处理能力, 能够进行自动检测、自动校准、自动误差补偿、自动抽样、标度变换功能的智能压力传感器检测系统已成为国内外开发和研究的热点, 国外较为发达的工业化国家十分重视对称量技术的研究, 其技术已达到了较高水平, 并广泛运用到各个领域。

1 蠕变理论

对于已经制造好的应变式传感器, 蠕变参数是一个主要指标。蠕变特性是评定传感器精度等级的一个重要技术指标, 蠕变现象可看作为一种经典的力学行为, 而力学问题的分析需要在特定的力学模型下进行。研究过程一般也是从简单模型逐渐过渡到复杂模型, 按照载荷的几何维数分为单轴应力蠕变理论^[1-2]和多轴应力蠕变理论^[3], 按照加载方式分为稳态蠕变分析、非稳态蠕变分析, 按加载周期分为静载蠕变损

收稿日期: 2017-01-11

基金项目: 陕西省科技厅工业攻关项目 (2017GY-025); 陕西省工业自动化重点实验室项目 (14JS021)

作者简介: 张昌明(1978—), 男, 硕士, 陕西理工大学副教授、硕导, 主要研究方向为机械装备设计制造及其自动化。

伤分析及疲劳蠕变损伤分析^[4]。

蠕变是在恒定温度和载荷下随时间效应缓慢地变形过程,在此过程中零件变形会随时间而逐渐增大,这个定义是微观概念。实际中,随着时间的增加零件的变形逐渐增大,与此同时应力的大小也可能发生变化,因此蠕变的宏观概念为零件受到恒定温度和外力作用时,应力与变形随时间变化的现象^[5]。

2 蠕变误差检测装置、原理及虚拟样机装配

该次设计是以单片机为核心的蠕变测试。通过螺栓连接,把传感器固定在夹具体上,依次放下砝码,在放下砝码的同时,传感器的应变片会产生不同的形变,每个应变片引出一个引脚,通过一个电桥测量电路,把电阻应变片的应变量转换成电信号,通过一个放大电路,把电信号变成一个标准信号,转换器把放大器传来的标准信号进行转换后,通过单片机处理,把数据通过显示器显示出来,称量传感器蠕变误差检测试验设备主要由机架、称量传感器、脱离机构、气缸、多用压头、传感器定位装置、砝码组、调平装置等^[6-7]组成,整体模型见图 1,三维模型见图 2。

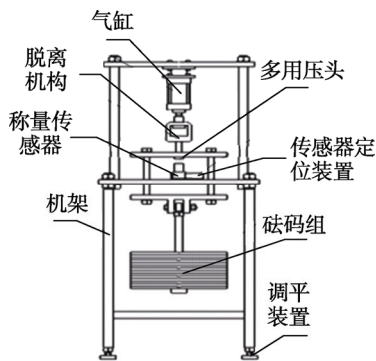


图 1 称量传感器蠕变误差检测装置整体模型

Fig.1 The overall model of creep error detection device for weighing sensor

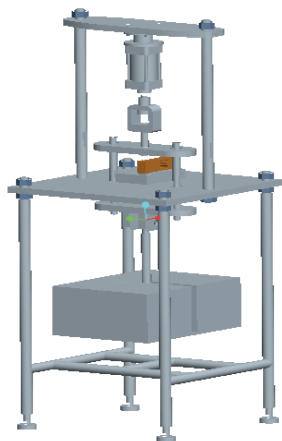


图 2 称量传感器蠕变误差检测装置整体模型三维造型

Fig.2 The three dimensional modeling of creep error detection device for weighing sensor

称量传感器蠕变误差检测装置采用固定标准质量的砝码作为载荷,从而保证了加载过程中力大小的一致性。通过加载平台及定位工装的设计,以及装置在气缸驱动砝码上下升降过程中的稳定性确保了加载位置的准确性。在加载过程中使用气缸作为执行元件,与已有的加载方式相比,称量传感器蠕变误差检测装置结构简单、操作简便、效率高、定位精确、稳定性好,同时也降低了操作者劳动强度,能够为称量传感器制造企业提供自动化高效检测方式。

3 静力学有限元分析

机架是称量传感器蠕变误差检测装置的关键部件,需要从多方面考虑其设计的合理性,在 Ansys 中对机架装置进行静力学有限元分析^[8-11],确定其刚度及强度设计的合理性。机架的材料选用 Q235 钢,采用焊接连接方式,整体结构采用螺栓连接^[12-17],在 Ansys 有限元分析软件中设置其参数:弹性模量 $E=200\text{ GPa}$,泊松比 $\mu=0.3$,密度 $\rho=7.85\text{ g/cm}^3$ 。将 CATIA 中设计的模型加载到 Ansys 中,并采用自由划分网格方式得到机架的有限元模型,见图 3。经分析处理后得到机架装置变形云图和应力云图见图 4。

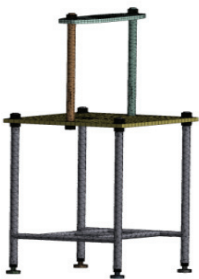


图 3 机架整体有限元模型

Fig.3 Frame integral finite element model

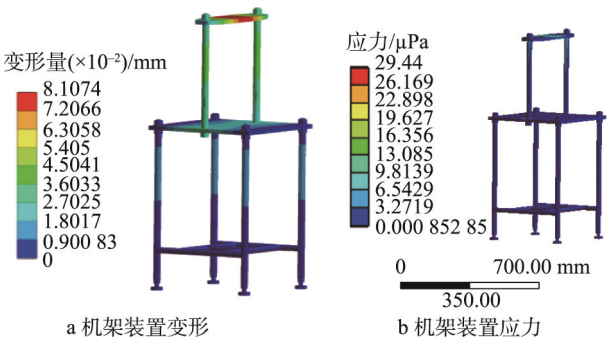


图 4 分析云图

Fig.4Deformation analysis and stress analysis of the frame device

由图 4 可看出支架最大变形量为 $8.1074\times10^{-2}\text{ mm}$,且最大变形发生在支架与气缸的连接处,其最大应力为 29.44 MPa ,同样最大应力也发生在支架与气缸连接的位置。从图 4 中看出应力的大部分区域处于安全范围之内,显示该设计安全性高,通过分析得

知机架的实际应力相对比较小, 满足设计要求。

4 蠕变试验设备及结果

4.1 蠕变试验设备

称量传感器蠕变误差检测装置实物见图 5。



图 5 称量传感器蠕变误差检测试验设备
Fig.5 Test equipment for creep error detection of weighing sensor

4.2 蠕变试验结果及分析

对 10 组 C3 等级、量程为 40 kg 的 L6D 系列称量传感器进行蠕变试验测试, 并利用计算机采集数据, 并形成蠕变测试报表, 见表 1。

通过对 10 组量程为 40 kg 的 L6D 系列称量传感器的蠕变试验测得的蠕变值大多为负值, 即称量传感器输出信号随着时间的延续而减小, 表明称量传感器存在负蠕变特性。选择 10 组称量传感器中的 1 组(如第 1 组)绘制其蠕变特性曲线, 绘制称量传感器蠕变特性曲线的点选择由计算机在 0~11 min 内所采集记录的数据进行绘制(在 0~11 min 时间段内按一定的时间间隔由计算机记录称量传感器的输出值)。负蠕变曲线见图 6。

在快速卸掉恒定载荷后, 称量传感器上仍会有残余应力存在, 因此蠕变恢复过程会随着时间缓慢变化。由图 6 可看出称量传感器的蠕变恢复值不能够完

表 1 蠕变测试
Tab.1 Creep test report

序号	初始值 /(mV·V ⁻¹)	加载值 /(mV·V ⁻¹)	6 min 后值 /(mV·V ⁻¹)	卸载后值 /(mV·V ⁻¹)	5 min 后值 /(mV·V ⁻¹)	蠕变 /μV	回零 /μV	蠕变恢复/μV	零点恢复/μV	合格性
01	0.016 80	1.952 35	1.952 14	0.016 61	0.016 71	-2.1	-1.9	-0.9	1.0	合格
02	0.007 91	1.969 41	1.969 33	0.007 80	0.007 86	-0.8	-1.1	-0.5	0.6	合格
03	0.016 88	1.97 222	2.104 07	0.018 23	0.017 91	1318.5	13.5	10.3	-3.2	不合格
04	0.011 58	1.942 21	1.942 08	0.011 43	0.011 51	-1.3	-1.5	-0.7	0.8	合格
05	0.010 26	1.969 25	1.969 12	0.010 11	0.010 19	-1.3	-1.5	-0.7	0.8	合格
06	0.004 25	1.935 79	1.935 16	0.003 63	0.003 93	-6.3	-6.2	-3.2	3.0	不合格
07	0.020 45	1.973 85	1.973 79	0.020 36	0.020 43	-0.6	-0.9	-0.2	0.7	合格
08	0.009 03	1.988 64	1.988 62	0.009 01	0.009 03	-0.2	-0.2	0.0	0.2	合格
09	0.005 73	1.936 69	1.936 60	0.005 28	0.005 33	-0.9	-0.9	-0.4	0.5	合格
10	0.010 16	1.930 19	1.930 69	0.010 09	0.010 12	5.0	-0.7	-0.4	0.3	不合格

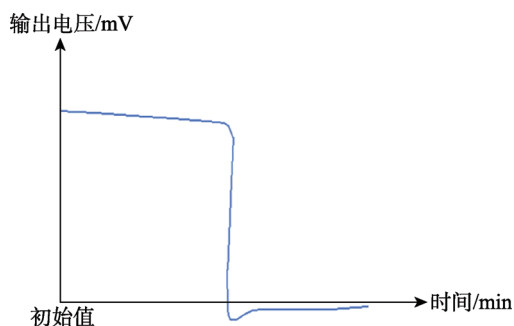


图 6 L6D 系列称量传感器负蠕变特性曲线
Fig.6 Negative creep characteristic curve of L6D series weighing sensor

全恢复到初始值。在弹性体变形的同时, 也会引起粘贴在弹性体上的应变片发生形变。卸掉外部载荷后, 由于弹性体发生弹性变形能够完全恢复, 而应变片发生的变形不能够完全恢复, 引起应变片变形而不能完

全恢复的因素有 2 个: 应变片粘结剂胶层由于受到压力作用, 使得应变片上的胶层产生塑性变形, 导致应变片的蠕变不能完全恢复; 粘贴在应变片上的敏感栅丝栅由于受到压力的作用而发生形变, 导致应变片的蠕变不能够完全恢复。

5 结语

采用有限元分析技术对称量传感器蠕变误差检测装置进行仿真设计可以得出结论: 机架的最大应力为 29 MPa, 小于材料的屈服强度满足设计要求; 该装置采用气缸来实现对砝码的加载和卸载, 减小了工人劳动强度具有自动化程度高的优点; 数据采集系统的设计很好地解决了蠕变数据的处理、存储等问题, 进一步提高了称量传感器蠕变误差检测装置对蠕变误差的检测效率。

参考文献:

- [1] 张姝, 田素贵, 钱本江, 等. 单晶镍基合金在拉伸蠕变期间的组织演化与分析[J]. 稀有金属材料与工程, 2012, 41(1): 28—32.
ZHANG Shu, TIAN Su-gui, QIAN Ben-jiang, et al. Microstructure Evolution and Analysis of Single Crystal Nickel Base Alloy During Tensile Creep[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2012, 41(1): 28—32.
- [2] 张姝, 田素贵, 梁福顺, 等. 镍基单晶合金在压缩蠕变期间的组织演化与有限元分析[J]. 材料热处理学报, 2011, 32(6): 148—154.
ZHANG Shu, TIAN Su-gui, LIANG Fu-shun, et al. Microstructure Evolution and Finite Element Analysis of Nickel-base Single Crystal Alloys During Compression Creep[J]. Transactions of Materials and Heat Treatment, 2011, 32(6): 148—154.
- [3] 单豪琳. 特定环境下螺旋桨尾轴蠕变特性研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
SHAN Hao-lin. Study on Creep Characteristics of Propeller Shaft in Specific Environment[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006.
- [4] KASSNER M E. Fundamental of Creep Metals and Alloys[M]. Elsevier Science, 2004.
- [5] 穆霞英. 蠕变力学[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1990.
MU Xia-ying. Creep Mechanics[M]. Xi'an: Xi'an Jiao-tong University Press, 1990.
- [6] 严洁, 赵研, 张俊利. 基于 BP 神经网络的称量传感器静态非线性误差补偿研究[J]. 传感技术学报, 2008, 21(6): 1025—1028.
YAN Jie, ZHAO Yan, ZHANG Jun-li, et al. Study on Static Nonlinear Error Compensation of Load Cell Based on BP Neural Network[J]. Journal of Sensors and Actuators, 2008, 21(6): 1025—1028.
- [7] 冯博琳, 王军利, 贺洋洋, 等. 新型称重传感器气缸砝码组件设计[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2017, 33(1): 27—32.
FENG Bo-lin, WANG Jun-li, HE Yang-yang, et al. New Type Weighing Transducer Cylinder Farmar Component Design[J]. Journal of Shaanxi University of Technology (Natural Science Edition), 2016, 32(6): 19—23.
- [8] CHENG Lu, ZHANG Hong-jian, LI Qing. Design of Capacitive Flexible Weighing Sensor for Vehicle WIM System[J]. Sensors, 2007, 7(8): 1530—1544.
- [9] 陈玉瑜. 铝锭堆垛机关键部件的动态性能分析[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2007.
CHEN Yu-yu. Dynamic Analysis of Key Components of Aluminum Ingot Stacker[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2007.
- [10] 张岩. ANSYS Workbench 15.0 有限元分析从入门到精通[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
ZHANG Yan. ANSYS Workbench 15.0 Finite Element Analysis from Entry to the Master [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2014.
- [11] 张洪才. ANSYS Workbench14.5 数值模拟工程实例解析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
ZHANG Hong-cai. ANSYS Workbench14.5 Numerical Simulation Engineering Case Analysis[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2013.
- [12] 王艳菊, 陆佳平. 基于 ANSYS 的托盘弯曲承载特性分析及实验验证[J]. 包装工程, 2012, 33(17): 23—26.
WANG Yan-ju, LU Jia-ping. ANASYS-based Analysis of Pallet Bending Performance and Its Experimental Verification[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 23—26.
- [13] CHENG Lu, ZHANG Hong-jian, LI Qing. Design of Capacitive Flexible Weighing Sensor for Vehicle WIM System[J]. Sensors, 2007, 7(8): 1530—1544.
- [14] MOUSA R, PLANSON D, MOREL H, et al. High Temperature Characterization of SiC-JFET and Modeling[C]// Proceedings of European Conference on Power Electronics and Application, Aalborg, Denmark, 2007: 1—10.
- [15] 龙超, 金秋谈. 菱形收割机车架有限元分析及优化[J]. 机械科学与技术, 2014, 33(1): 8—12.
LONG Chao, JIN Qiu-tan. Finite Element Analysis and Optimization of Diamond Harvester Frame[J]. Mechanical Science and Technology, 2014, 33(1): 8—12.
- [16] 侯献晓, 杨波. 共振式道路破碎机车架有限元分析及轻量化设计[J]. 机械设计, 2014, 31(4): 80—85.
HOU Xian-xiao, YANG Bo. Finite Element Analysis and Lightweight Design of Resonant Road Crusher Frame[J]. Mechanical Design, 2014, 31(4): 80—85.
- [17] 徐中明, 余烽, 张志飞, 等. 小型机动平台车体动态特性分析与减振优化[J]. 机械设计, 2011, 28(3): 84—87.
XU Zhong-min, YU Feng, ZHANG Zhi-fei, et al. Dynamic Characteristics Analysis and Improvement of Body for Mini Mobile Platform[J]. Journal of Machine Design, 2011, 28(3): 84—87.