

基于可靠性的智能电子标签壳体方案优化设计

王雪姣, 李新娥

(中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051)

摘要: **目的** 为了不影响外包装的总体结构和包装方式, 对安装在外包装上的电子标签进行微型化设计。同时, 针对电子标签壳体可能由于外部特殊情况造成破损的情况, 对其进行可靠性分析。**方法** 通过 Ansys 软件对基于空间最大化原则设计的壳体的抗压、抗冲击性进行仿真分析。**结果** 在 z 方向施加了 2 MPa 的压强下最大变形量为 2.8 mm, 不能满足抗压性需求, 进而提出了基于结构最优化原则的壳体设计方案。经仿真分析, 壳体 z 方向在 2 MPa 静压的最大变形量为 0.2 mm, 较优化前降低了 2.6 mm。**结论** 智能电子标签经过优化后, 具有微型化、高可靠性的特点, 满足系统的应用需求。

关键词: 贮运监测; 电子标签; 可靠性; 壳体设计; Ansys

中图分类号: TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)07-0011-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.003

Optimization of Scheme Design of Intelligent Electronic Tag Housing Based on Reliability

WANG Xue-jiao, LI Xin-e

(National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT: The work aims to conduct the microscale design of electronic tag on the outer package so as not to affect the overall structure and way of packaging of the outer package, and analyze the reliability of electronic tag housing with respect to the situation that the housing might be damaged due to the special external circumstances. The compression and impact resistance of the housing designed based on the principle of space maximization through the Ansys software were simulated and analyzed. Under the 2 MPa pressure applied in the z direction, the maximum deformation was 2.8 mm, which could not meet the compression resistance requirements. Then, the housing design scheme based on the principle of structural optimization was put forward. After simulation analysis, the maximum deformation of the housing under a static pressure of 2 MPa applied in the z direction was 0.2 mm, 2.6 mm lower than that before the optimization. After optimized, the intelligent electronic tag is featured by micromation and high reliability, and meets the application requirements of the system.

KEY WORDS: storage, transportation and monitoring; electronic tag; reliability; housing design; Ansys

贮运过程漫长且复杂, 这就给监测系统的设计带来诸多难点。一方面, 监测空间狭小, 监测设备安装在贮运对象的外包装上, 会受到外包装空间的限制, 从而要求监测系统必须具备微型化; 另一方面, 监测环境复杂, 冲击、强压可能造成壳体破损, 破坏内部电路, 因此必须对监测系统壳体进行可靠性分析^[1-4]。

在一般的监测系统中, 壳体占的体积比例较大,

主要是因为设计者多采用粗放式壳体设计, 导致壳体的空间利用率远远不够。然而, 要实现对内部电路的防护, 简单地增加壳体厚度或改变壳体大小并不能达到理想效果, 有时对壳体进行优化可能会达到既减小了体积又增强防护的效果, 因此, 有必要对壳体进行优化设计^[5-6]。这里通过 Ansys 软件对传统的基于空间最大化设计的壳体进行可靠性仿真分析, 并对壳体

收稿日期: 2017-06-07

作者简介: 王雪姣 (1993—), 女, 中北大学硕士生, 主攻动态测试与智能仪器。

通信作者: 李新娥 (1971—), 女, 博士, 中北大学教授, 主要研究方向为测试计量技术与仪器。

设计方案进行优化改进。

1 智能电子标签微型化设计

集装箱是现代贮运包装的主要组成部分,由于其具有包装容量大、保护强度高、可重复使用等优点,其应用得到了极大推广。此外,集装箱内的贮运环境容易控制,有利于提升贮运物质的安全性。

智能电子标签采用卡片式结构,安装在贮运对象外包装上,必须满足安装的便捷性,而且既不能影响外包装的总体结构与包装方式,又不能影响包装箱的正常装卸、运输和存储^[7]。微型化设计主要从元器件体积、传感器体积和印制板体积这3方面入手。系统选用高性能的微型封装元器件,采用多层布线技术设计超薄多层印制电路板,特殊的电子装接技术完成电路的装接;采用数字化多传感集成技术,即对特性优良的传感器敏感元件进行二次封装,统一数字化接口,缩减各个传感器的多余电路与功能,从而达到降低传感模块体积的效果;最后利用 SoC 技术实现多功能模块的高度集成化,使测试系统的基本组成由单一功能的芯片扩大为高度集成的多功能模块,不仅减小了测试仪的体积,还减少了芯片数量和芯片间的引线数量,提高了系统的可靠性。

中型集装箱的尺寸为 2400 mm×2100 mm×2100 mm,按照可实现设计原则的要求,智能电子标签的体积不宜大于 60 mm×80 mm×10 mm。微型化技术使用前后系统体积对比见表1,可知系统体积缩减1倍,最终缩减为 60 mm×80 mm×8 mm,满足了设计要求,结构见图1。

表1 微型化技术使用前后系统体积对比
Tab.1 The comparison of system volumes before and after using miniaturization technology

参数	元器件 体积/mm ³	传感器 体积/mm ³	印制板 体积/mm ³
微型化前	2879.1	2122.8	5600
微型化后	2314.7	52.5	3500

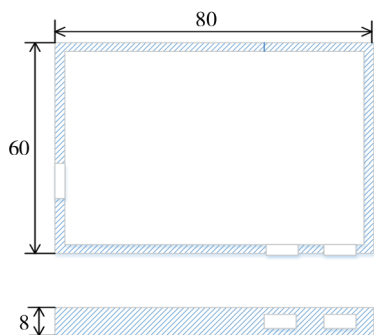


图1 智能电子标签结构
Fig.1 Intelligent electronic tag structure

2 壳体方案选择

监测系统的可靠性包括结构抗压、抗冲击性能,监测系统的可靠性直接关系到监测效果和监测数据的可靠性。智能电子标签随物品一起包装,其体积较小,壳体较薄,而在物品贮存、搬运、装卸、运输的过程中可能会经历较大的压力、冲击等复杂环境,应对壳体的压力、加速度载荷承受能力进行研究,以确定壳体是否具有优化空间,优化后的结果也要进行仿真验证,以确定方案是否可行^[8-9]。流程见图2。

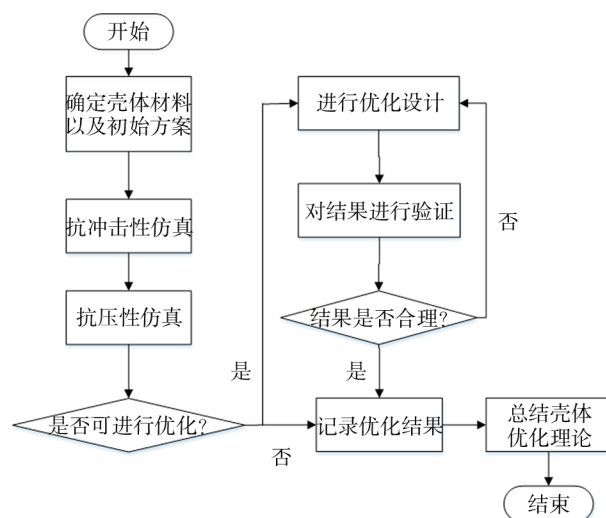


图2 优化流程

Fig.2 The optimization flow chart

2.1 空间最大化壳体方案仿真与分析

对贵重物品的贮运需求进行分析,包装箱托盘载质量为1 t左右,在壳体上产生的压强约为2 MPa,在搬运以及运输过程中最大冲击加速度不大于2000g^[10-12]。壳体尺寸为60 mm×80 mm×8 mm,从传统的空间最大化原则出发,内部全空腔,有利于系统组装和电磁兼容性设计,壳体机械结构见图3。

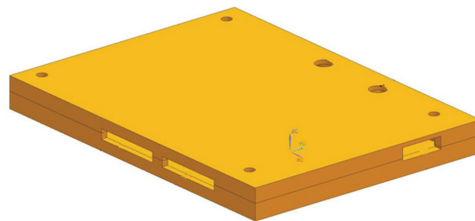


图3 壳体机械结构

Fig.3 Mechanical structure of the housing

文中选用强度高、可塑性好的铝合金材料作为智能电子标签的外壳^[13],材料模型为线弹性,密度为2700 kg/m³,弹性模量为70 GPa,泊松比为0.3。壳体水平方向的壁厚为1.5 mm,壳体方向壁厚为0.8 mm,利用 Ansys 对其进行建模仿真^[14-15]。在x, y, z方向施加远大于贮运极限的半正弦加速度载荷,峰

值为 20 000g，壳体各方向变形见图 4。在 x, y, z 方向施加 2 MPa 的载荷，壳体各方向变形见图 5。

由图 4—5 可知，在 20 000g 的加速度载荷下 3 个方向的最大变形量为 0.06 mm，对于壳体的影响很

小，基本可以忽略。然而在 2 MPa 的载荷下， z 方向最大变形量为 2.8 mm，会对内部电路以及元器件构成挤压。这种设计的抗冲击性能可满足需求，但是抗压性还远远不够。

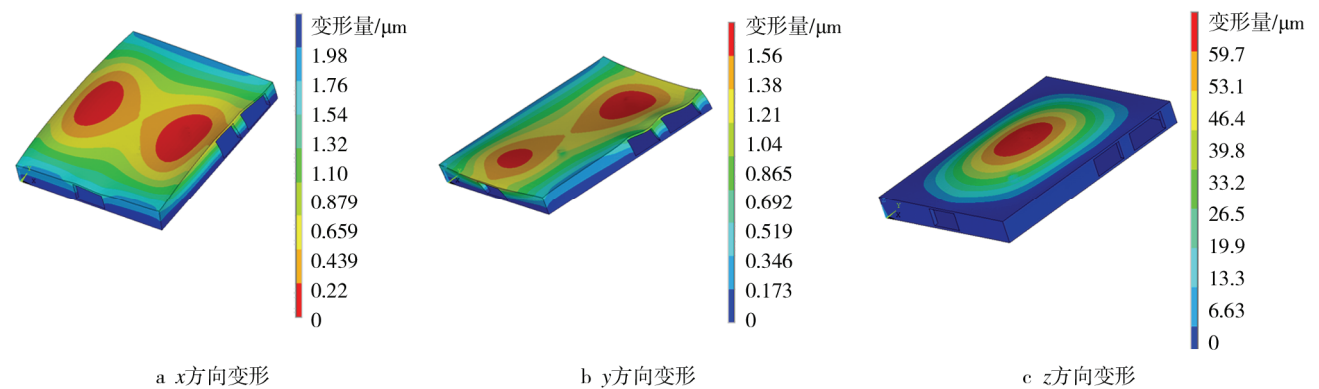


图 4 初始方案壳体的抗冲击性仿真
Fig.4 Impact resistance simulation of the housing in the initial scheme

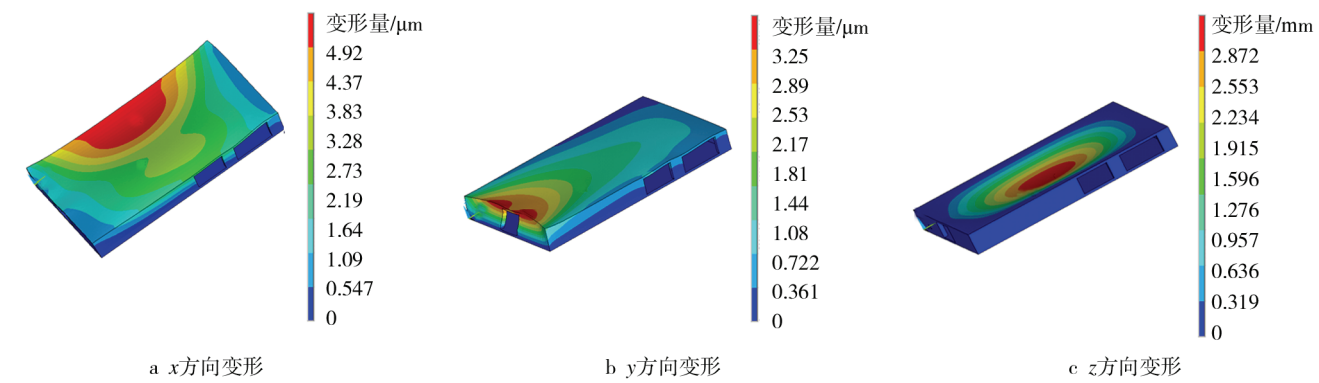


图 5 初始方案壳体的抗压性仿真
Fig.5 Compression resistance simulation of the housing in the initial scheme

2.2 结构最优化壳体方案仿真与分析

基于空间最大化原则的壳体设计不能满足监测系统的应用需求，因此需要对壳体进行优化设计。对空间最大化原则设计的壳体进行分析，壳体内部印制电路板上元器件的厚度不同，设计时直接选取厚度最大的元器件进行壳体设计，导致壳体的厚度变薄。为此，提出的优化壳体设计是采用环境适应性的设计，对元器件厚度较低的地方适当增加壳体厚度，此外，还可以在电路板空闲的地方穿孔，与壳体进行刚性衔接，增加壳体内部支柱。优化后的壳体结构见图 6。

对优化后的壳体进行 Ansys 抗冲击性、抗压性建模仿真。在 x, y, z 方向施加远大于贮运极限的加速度载荷 20 000g，壳体各方向变形见图 7。同样，在 x, y, z 方向施加 2 MPa 的载荷，壳体各方向变形见图 8。

由图 7—8 可知，优化后的壳体在 20 000g 的加速度载荷的作用下，壳体各方向最大变形量为 0.006 mm。在 2 MPa 的载荷作用下，壳体各方向最大变形量为 0.2 mm，这个变形量较之前的变形量降低了 2.6 mm，优化后的壳体满足系统应用需求。

3 安装方法设计

智能电子标签与被测物所处环境一致，可实现实时监测被测物品所处环境信息。电子标签与被测物品箱体采用刚性连接，通过长度 20 mm、直径 2 mm 的沉头螺丝将智能电子标签安装、固定在包装箱外侧，电子标签与物品箱体之间通过增加防垫圈和点胶来防止松动，见图 9。

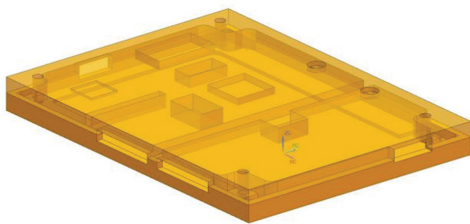


图 6 优化后壳体结构
Fig.6 Optimized housing structure

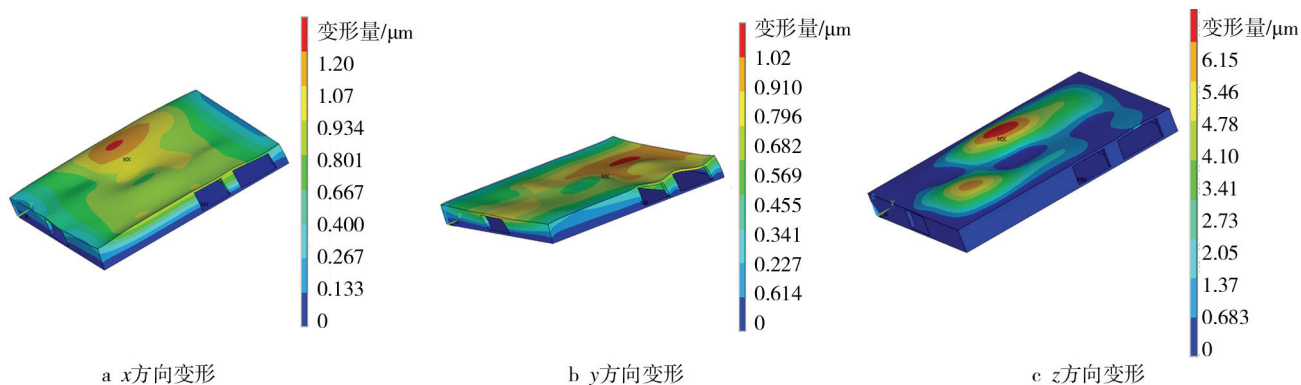


图 7 优化后壳体的抗冲击性仿真
Fig.7 Impact resistance simulation of the optimized housing

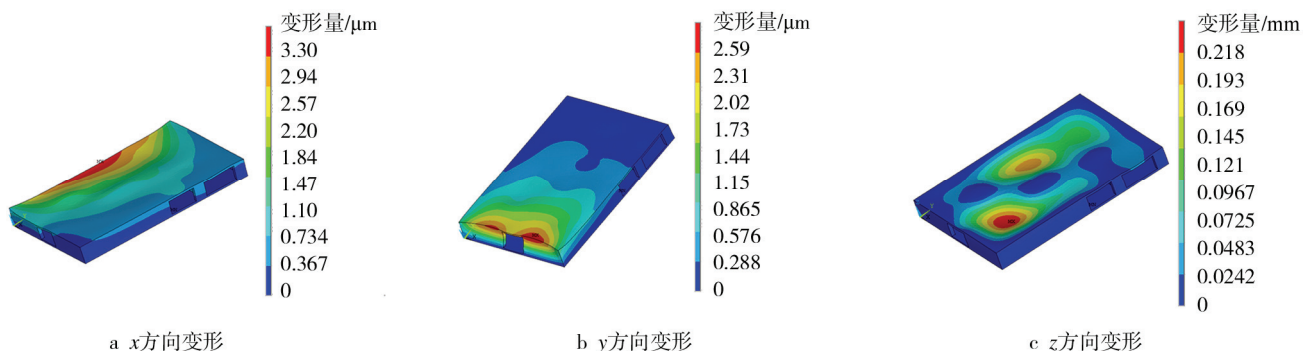


图 8 优化后壳体的抗压性仿真
Fig.8 Compression resistance simulation of the optimized housing

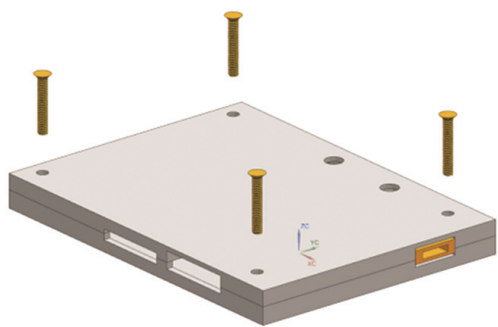


图 9 电子标签的安装
Fig.9 Installation of electronic tags

4 结语

针对监测系统对设备体积的限制,对系统进行了微型化设计,使得智能电子标签的体积降至 $60\text{ mm} \times 80\text{ mm} \times 8\text{ mm}$ 。通过 Ansys 软件对壳体进行 x 、 y 、 z 方向的抗冲击性、抗压性仿真,传统的基于空间最大化的壳体在压力载荷下 z 轴的最大变形量为 2.8 mm ,对厚度为 8 mm 的壳体来说是致命的,进而对壳体设计方案进行了优化和改进,提出了基于结构最优化的壳体设计方案。经仿真分析,优化后的壳体在压力载荷下 z 轴的最大变形量为 0.2 mm ,满足监测系统的应用需求,确定优化方案可行。

参考文献:

- [1] 牛贾贾. 基于 ARM 的装卸运输过程测试系统研究[D]. 太原: 中北大学, 2014.
NIU Jia-jia. ARM-based Loading and Unloading Process Test System Research[D]. Taiyuan: North University of China, 2014.
- [2] 张仕念, 何敬东, 颜诗源, 等. 导弹贮存延寿的技术途径及关键技术[J]. 装备环境工程, 2014, 11(4): 37—41.
ZHANG Shi-nian, HE Jing-dong, YAN Shi-yuan, et al. The Technical Approach and Key Technology of Missile Storage Life Extension[J]. Equipment Environmental Engineering, 2014, 11 (4): 37—41.
- [3] 田智嘉. 基于智能标签的重点人员监护系统设计[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2013.
TIAN Zhi-jia. Design of Key Personnel Monitoring System Based on Intelligent Tags[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2013.
- [4] LAARABI M H, BOULMAKOUL A, SACILE R, et al. A Scalable Communication Middleware for Real-time Data Collection of Dangerous Goods Vehicle Activities [J]. Transportation Research Part C, 2014, 48: 404—417.
- [5] 梁基照. 化工机械优化设计[M]. 北京: 化学工业出版社

- 版社, 2010.
- LIANG Ji-zhao. Chemical Machinery Optimization Design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [6] 王元文. 高压容器壳体的优化设计[J]. 机械设计与制造, 2005(12): 16—17.
- WANG Yuan-wen. Optimization Design of High Pressure Vessel Shell[J]. Mechanical Design and Manufacture, 2005(12): 16—17.
- [7] 刘磊. 贵重物品储运过程信息获取技术研究[D]. 太原: 中北大学, 2016.
- LIU Lei. Valuable Goods Storage and Transportation Process Information Acquisition Technology Research [D]. Taiyuan: North University of China, 2016.
- [8] 朱国英. 基于 Ansys Workbench 的隔爆壳体优化设计及验证[J]. 自动化仪表, 2014(S): 80—82.
- ZHU Guo-ying. Optimization Design and Verification of Explosion-proof Shell Based on Ansys Workbench [J]. Automation Instrumentation, 2014(S): 80—82.
- [9] 申军伟. 基于 Ansys 的环锤式破碎机壳体拓扑优化设计[J]. 装备制造技术, 2017(1): 56—58.
- SHEN Jun-wei. Based on Ansys Ring Hammer Crusher Shell Topology Optimization Design[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2017(1): 56—58.
- [10] 赵世宜, 梅林, 任杰. 集装箱装卸运输振动冲击环境条件分析[J]. 起重运输机械, 2012(6): 15—19.
- ZHAO Shi-yi, MEI Lin, REN Jie. Container Loading and Unloading Transport Vibration Impact Environmental Conditions Analysis[J]. Crane Transport Machinery, 2012(6): 15—19.
- [11] 海军, 罗雷. 物资装备运输环境条件研究[J]. 国防交通工程与技术, 2013(1): 6—9.
- HAI Jun, LUO Lei. Materials and Equipment Transport Environment Conditions[J]. National Defense Traffic Engineering and Technology, 2013(1): 6—9.
- [12] 赵世宜, 吴娟, 霍东芳, 等. 军用物资航空运输振动冲击环境条件研究[J]. 装备环境工程, 2010, 7(2): 21—24.
- ZHAO Shi-yi, WU Juan, HUO Dong-fang, et al. Military Materials Air Transport Vibration Impact of Environmental Conditions[J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7 (2): 21—24.
- [13] 陈明祥. 弹塑性力学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- CHEN Ming-xiang. Elasto-plastic Mechanics[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [14] 徐志伟. 基于 Ansys 的电动执行机构用电动机壳体疲劳寿命分析[J]. 通用机械, 2017(1): 56—58.
- XU Zhi-wei. Ansys Based on the Electric Actuator with Motor Shell Fatigue Life Analysis[J]. General Machinery, 2017(1): 56—58.
- [15] 牛亚平, 王小华, 陈冰冰, 等. 囊式蓄能器壳体静力强度可靠性分析[J]. 轻工机械, 2013(6): 83—86.
- NUI Ya-ping, WANG Xiao-hua, CHEN Bing-bing, et al. Analysis of Static Strength of Capsule-type Accumulator Shell[J]. Light Industry Machinery, 2013(6): 83—86.