

基于质量监测的高价值装备包装系统设计与实现

李文钊, 韩小刚, 陈亮, 傅振华

(军械工程学院, 石家庄 050003)

摘要: **目的** 适应高价值装备储运管理要求, 研究设计带有质量监测功能的包装系统, 监测高价值装备在储存与运输过程中受到的人为和自然因素的影响。 **方法** 设计包装监测系统, 即采集终端、信息终端、管理分析软件系统等子系统, 记录装备在储运过程中的冲击、温度、湿度、时间、位置、声音等信息, 构建装备储运信息采集、传输、分析与管理平台, 对装备质量状态进行分析与评估。 **结果** 具备质量监测功能的包装系统可全程追溯装备储运过程, 准确掌握装备质量状态。 **结论** 高价值装备包装系统的质量监测功能可完善装备技术保障全寿命信息链, 实现装备的精细化保障, 是未来包装发展的新趋势。

关键词: 高价值装备; 包装; 质量监测

中图分类号: TB488 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)19-0052-03

Design and Implementation of High-value Equipment Packaging System Based on Quality Monitoring

LI Wen-zhao, HAN Xiao-gang, CHEN Liang, FU Zhen-hua

(Shijiazhuang Mechanical Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

ABSTRACT: **Objective** To meet the management requirement of storage and transportation of high-value equipment, study and design packaging system with quality monitoring function, and to monitor the effects of anthropogenic and natural factors on the high-value equipment during storage and transportation. **Methods** The subsystems of packaging system, such as collection terminals, information terminals, management and analysis software system were designed. Information including impact, temperature, humidity, time, location and sound was recorded during storage and transportation of the equipment. A platform for equipment storage and transportation information collection, transmission, analysis and management was constructed. The quality of the equipment was analyzed and evaluated. **Results** Using the packaging system with quality monitoring function could track the whole process of equipment storage and transportation and accurately master the quality state of the equipment. **Conclusion** The high-value equipment packaging system with quality monitoring function could complete the information chain of the whole life support for equipment, and achieve the fine equipment support. It's also the future development orientation of packaging.

KEY WORDS: high-value equipment; packaging; quality monitoring

随着大量高新技术装备的不断涌现, 对包装及储存管理提出了新的要求。高价值装备结构复杂, 大量新材料和电子元器件的使用, 使其对外界环境因素的影响更加敏感, 尤其在储存与运输过程中易受各种人为和自然因素的影响, 使其性能降低甚至完全失效,

给装备技术保障工作带来极大的困难^[1-3]。

传统包装只具备容纳与传递功能, 不具备装备质量监测功能。高价值装备的包装迫切需要包装的质量监测功能, 即在储运过程中对外界影响因素进行测量与记录, 评估装备的质量状态, 促进高价值装备战

收稿日期: 2014-05-21

作者简介: 李文钊(1967—), 男, 陕西岐山人, 博士, 军械工程学院副教授, 主要研究方向为弹药工程、装备保障技术。

斗力的生成。要实现此目的,最便捷的方式就是给传统包装增加质量监测功能,实时记录装备的状态信息,并通过软件系统进行质量分析。这种包装系统的设计思想来源于黑匣系统。黑匣系统最早应用于航空事故追溯,国内外学者进行了相关研究,并在交通运输行业得到应用^[4-5]。外军十分重视黑匣技术在装备保障中的应用,美军在该领域的研究和应用走在世界前列,其装备运输过程在集装箱级已广泛应用黑匣技术,对于重点装备已做到单发产品的黑匣监控,极大提高了装备技术的保障水平。目前国内外黑匣系统的研究主要集中于事故调查应用,即事后追溯。该研究应用在包装系统中测量外力影响参数,基于这些参数评估装备的质量状态,以防患于未然。

1 包装系统总体结构

具有质量监测功能的高价值装备包装系统不再是传统意义上的包装体,而是包含了质量影响信息的采集、处理、传输、分析等功能的一个系统,主要构成包括包装体、监测装置、信息终端、储运信息管理与分析软件系统等,其中监测装置固定在包装体上,见图1,图1同时也是系统的信息流转图。

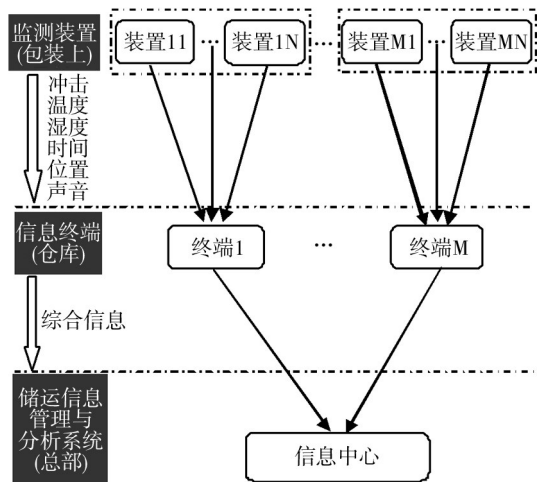


图1 包装系统总体结构

Fig.1 The overall structure of the packaging system

在储运过程中,对装备质量影响最大的因素是冲击、湿度、温度,为了使信息可追溯并便于分析处理,还应记录装备的位置信息、声音信息以及时间信息。在每套包装上都装有一个监测装置,实时记录装备储运过程中的冲击、温度、湿度、位置、声音、时间等参

数。到达目的地后,将这些信息传送到仓库信息终端上。每个仓库配备一台仓库信息终端,可采集包装上监测装置的信息,并进行信息管理与分析。各仓库定期将信息上报至信息中心,并依据这些信息进行装备质量监测和评估。

2 子系统设计

该系统由4个子系统构成,即包装体、监测装置、信息终端、储运信息管理与分析软件系统等,分别对各子系统进行软硬件设计,其中包装体依据装备不同有其特定的设计,文中主要研究每种装备共有的质量监测相关子系统。

2.1 监测装置

监测装置布置在装备的包装体上,设计目标是测量范围宽、续航时间长、环境适应性好、工作可靠性高、抗毁伤能力强等,其系统组成见图2。

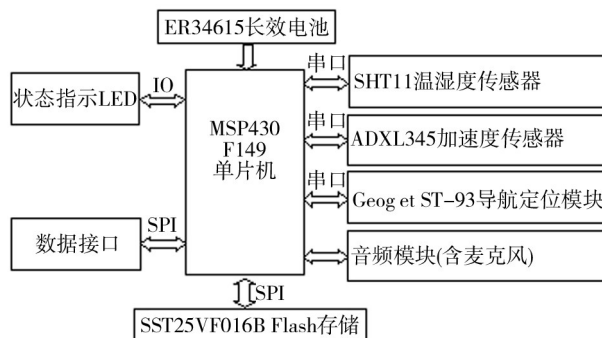


图2 监测装置系统组成

Fig.2 The system structure of the monitoring device

单片机采用MSP430F149型号,其突出优点是功耗超低,可设置5种低功耗模式,是目前应用最广泛的低功耗单片机^[6-8]。该产品虽然功耗低,但其处理能力很强,可满足该系统的计算需求。在监测装置中,可将其设在低功耗模式,通过外部中断(如加速度传感器的输出)唤醒系统。

温度和湿度采集使用SHT11传感器,该传感器为单片数字温度和湿度集成传感器,AD转换精度为14位,输出方式为全部校准数字输出,得到广泛应用^[9-11]。SHT11为低功耗产品,通过串口连接到系统,可在单次测量完成后自动进行休眠模式,满足系统设计的采集精度和低功耗要求。

加速度传感器用来记录装备在储运过程中受到的冲击,采用 ADXL345 传感器,通过 SPI 连接到系统。ADXL345 为超低功耗 3 轴加速度计,具有量程宽、精度高、功耗低等特点^[12-13]。ADXL345 具有自由落体检测功能,在进行冲击监测时,主机(MSP430F149)可处于待机状态以降低功耗。当 ADXL345 检测到自由落体时,迅速通过外部中断唤醒主机进行冲击监测与记录。

定位模块获取当前位置,模块采用 Geoget ST-93,启动速度较快,自带天线,具有休眠模式以达到低功耗目的。音频采集模块获取声音信息,作为辅助分析依据。

存储器件采用 SST25VF016B Flash 存储器,系统通过 SPI 进行数据读写,系统容量可满足长时间数据存储要求。系统通过 SPI 与外部进行信息交互,可通过该接口进行数据读取与系统设置。由于要求系统低功耗与抗毁伤,监测终端未安装液晶显示屏,而是采用发光二极管显示系统工作状态。系统供电采用 ER34615 长效电池,可以长时间小电流放电。

2.2 信息终端

在每个仓库中配备信息终端,其具有数据采集与管理功能,同时具有一定的分析功能。信息终端系统结构见图 3。

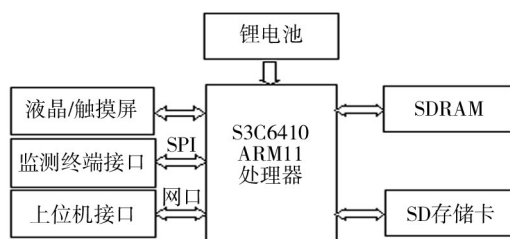


图3 信息终端系统组成

Fig.3 The system structure of the information terminal

信息终端采用 S3C6410 ARM11 处理器,主频为 800 MHz。通过 SPI 接口与监测终端进行交互,读取终端监测数据,设置监测参数。通过网口与上位机进行数据传输,将数据汇总到上位机。终端采用 WinCE6.0 嵌入式操作系统,配置精简版 .Net Framework。终端应用软件以数据采集和基本管理为主,并将 PC 版储运信息管理与分析软件系统常用的分析功能移植到信息终端,终端软件基于 Visual C#.Net 语言开发而成。

2.3 储运信息管理与分析软件系统

装备储运信息汇集到信息中心后,通过储运信息管理与分析软件系统进行数据管理与分析,为装备保障决策提供支持。系统采用 Visual C#.Net 语言进行开发,采用 PostgreSQL 开源数据库系统进行数据库管理,该数据库系统具有开源、易用、高性能等优点。应用三层构架进行系统构建,采用 MVC 模式将数据访问层、业务逻辑层、表现层有效分离,保证系统的可维护性。系统主要功能模块包括:基础信息管理、库存信息管理、运输信息管理、储运信息追溯、装备损伤评估、装备质量预测、查询统计报表、用户权限管理。其中核心的业务模块为储运信息追溯、装备损伤评估、装备质量预测等 3 个模块。

储运信息追溯模块主要用于追溯装备在储运过程中的信息。综合监测终端和车载信息终端的信息,并汇总到信息中心,可获得各装备在储运过程中的温度、湿度、冲击、位置、声音和时间等信息。通过储运信息追溯模块,可以按时间顺序显示出各个时间片断内装备的相关参数,并且可以通过设定的阈值,筛选出参数异常的时间片断,根据该时间的坐标,可追查到实际路况和分析实地的声音信息,为分析和评估装备所受外部影响提供信息支撑。

装备损伤评估模块根据装备储运过程中的外部影响参数,评估装备在安全性、作用可靠性以及寿命等方面受到的影响。根据装备的特征选定损伤评估模型,主要包括马尔科夫链评估模型、贝叶斯网络评估模型、聚合多属性 D-S 证据理论评估模型等。通过进行大量的试验,确定模型参数。将装备的储运信息代入评估模型,对装备的最终质量进行评估。

在装备质量预测模块中,可根据装备损伤评估结果以及各时间点的质量现状,对装备的关键质量指标进行预测。预测方法主要为一元线性回归预测法、移动平均法、一阶指数平滑法及其组合方法等^[14-15]。通过这些方法对质量指标进行分析与预测,并以图示化的方式进行显示。

3 结语

具有质量状态监测功能的高价值装备包装系统

(下转第 108 页)

- [14] KIM K T, CHOI J H, KIM S G. A Robust Digital Watermarking in Geometric Attacks[C]// Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2005: 549—560.
- [15] LIU Min, YANG Guang-lin, XIE Hai-yan, et al. Computer-generated Hologram Watermarking Resilient to Rotation and Scaling[J]. Optical Engineering, 2007, 46(6): 1—3.
- [16] 黄素娟, 王朔中, 于瀛洁. 共轭对称延拓傅里叶计算全息[J]. 物理学报, 2009, 58(2): 952—958.
- HUANG Su-juan, WANG Shuo-zhong, YU Ying-jie. Computer Generated Holography Based on Fourier Transform Using Conjugate Symmetric Extension[J]. Acta Physica Sinica, 2009, 58(2): 952—958.
- [17] 黄素娟, 王杜瑶, 刘晓静, 等. 基于小波变换的硬拷贝全息水印[J]. 光电子激光, 2011, 22(9): 1415—1420.
- HUANG Su-juan, WANG Du-yao, LIU Xiao-jing, et al. Hardcopy Hologram Watermarking Based on Discrete Wavelet Transform[J]. Journal of Optoelectronics Laser, 2011, 22(9): 1415—1420.

(上接第54页)

可实现装备储存和运输过程的状态监测和管理, 全程追溯装备储运过程, 准确掌握装备质量状态, 完善装备技术保障全寿命信息链, 实现装备的精细化保障, 促进高价值装备战斗力的生成。

参考文献:

- [1] 贾秀权, 李鑫, 胡斌. 大型复杂信息化装备军民一体化保障的研究[J]. 现代电子技术, 2013, 36(11): 25—27.
- JIA Xiu-quan, LI Xin, HU Bin. Research on Support System for Civil-military Integration of Heavy and Sophisticated Informatization Equipments[J]. Modern Electronics Technique, 2013, 36(11): 25—27.
- [2] 李忠光, 吴秀鹏, 顾雪峰, 等. 美军装备保障力量模块化研究及启示[J]. 军事交通学院学报, 2011, 13(8): 84—87.
- LI Zhong-guang, WU Xiu-peng, GU Xue-feng, et al. On Equipment Support Force Modularization of US Army and Its Enlightenment[J]. Journal of Military Transportation University, 2011, 13(8): 84—87.
- [3] 赵春宇, 马伦, 孔祥群, 等. 信息化条件下装备维修保障技术发展现状及趋势[J]. 信息技术, 2012(1): 185—190.
- ZHAO Chun-yu, MA Lun, KONG Xiang-qun, et al. State of the Art and Trend for Development of Equipment Maintenance Support Technique under Informatization[J]. Information Technology, 2012(1): 185—190.
- [4] WU B F, CHEN Y H, YEH C H. Driving Behaviour-based Event Data Recorder[J]. Iet Intelligent Transport Systems, 2014, 8(4): 61—367.
- [5] GABAUER D, GABLER H. Comparison of Roadside Crash Injury Metrics Using Event Data Recorders[J]. Accident Analysis and Prevention, 2008, 40(2): 548—558.
- [6] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430系列16位超低功耗单片机实践与系统设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- SHEN Jian-hua, YANG Yan-qin, ZHAI Xiao-shu. MSP430 Family of Ultra-low-power 16-bit MCU and System Design Practice[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [7] MAMAGHANIAN H, KHALED N, ATIENZA D, et al. Compressed Sensing for Real-time Energy-efficient ECG Compression on Wireless Body Sensor Nodes[J]. Biomedical Engineering, 2011, 58(9): 2456—2466.
- [8] SAMPLE A P, YEAGER D J, POWLEDGE P S, et al. Design of an RFID-based Battery-free Programmable Sensing Platform[J]. Instrumentation and Measurement, 2008, 57(11): 2608—2615.
- [9] SHT1X Datasheet[Z]. Switzerland: Sensirion, 2011.
- [10] ANASTASI G, FARRUGGIA O, LORE G, et al. Monitoring High-quality Wine Production using Wireless Sensor Networks[C]// 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, 2009: 1—7.
- [11] ZHANG Min. Design of Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Network[C]// 2013 IEEE 11th International Conference on Electronic Measurement & Instruments, 2013: 547—551.
- [12] ADXL345 Datasheet[Z]. USA: Analog Devices, 2010.
- [13] FUDICKAR S, KARTH C, MAHR P, et al. Fall-detection Simulator for Accelerometers with In-hardware Preprocessing [C]// Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, 2012: 1—7.
- [14] 陈华友, 盛昭瀚, 刘春林. 调和平均的组合预测方法之性质研究[J]. 系统工程学报, 2004, 19(6): 620—624.
- CHEN Hua-you, SHENG Zhao-han, LIU Chun-lin. Research on Properties of Harmonic Means Combination Forecasting Method[J]. Journal of Systems Engineering, 2004, 19(6): 620—624.
- [15] 吕孙云, 许银山, 熊莹, 等. 组合预测方法在需水预测中的应用[J]. 武汉大学学报(工学版), 2011(5): 565—570.
- LYU Sun-yun, XU Yin-shan, XIONG Ying, et al. Combined Forecasting Method for Forecasting Water Demand[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2011(5): 565—570.