

# 大型起重机械健康监测系统开发与应用

丁克勤<sup>1</sup>, 李 娜<sup>1</sup>, 王志杰<sup>1</sup>, 丁树庆<sup>2</sup>, 冯月贵<sup>2</sup>

(1. 中国特种设备检测研究院, 北京 100013; 2. 南京市特种设备安全监督检验研究院, 南京 210002)

**摘要:**设计并开发了一种大型起重机械健康监测系统,该系统主要有光纤传感子系统、解调子系统、健康监测诊断与管理子系统等组成。其中健康监测诊断与管理子系统包含:基本参数模块、数据采集模块、数据处理模块、数据显示和回放模块、数据诊断模块以及设备信息管理模块。该系统的应用使原来繁琐、困难的数据采集变得更加可靠、安全、方便,为实现对起重机械在各种环境、荷载等因素作用下的长期实时监测提供了条件。

**关键词:**起重机械;健康监测;系统开发

中图分类号: TG115.28

文献标志码:A

文章编号:1000-6656(2011)09-0020-03

## Development and Application of Health Monitoring System on Large-Scale Cranes

DING Ke-Qin<sup>1</sup>, LI Na<sup>1</sup>, WANG Zhi-Jie<sup>1</sup>, DING Shu-Qing<sup>2</sup>, FENG Yue-Gui<sup>2</sup>

(1. China Special Equipment Inspection and Research Institute, Beijing 100013, China;

2. Nanjing Special Equipment Vessel Supervisory Institute, Nanjing 210002, China)

**Abstract:** This article designed and developed type of health monitoring system for the Large-scale crane, which was composed of fiber sensing subsystem, demodulator subsystem, health diagnosis and management subsystem. The health monitoring diagnosis subsystem and management subsystem were composed of following submodules, basic parameters module, data acquisition module, data processing module, data display and review module, data diagnostic module and equipment Information management module. Using this system made the complicated and difficult date acquiring more reliable, safe and convenient and ensured the longtime realtime monitoring under various surrounds and loadings.

**Keywords:** Large-scale cranes; Health monitoring; System development

起重机械广泛应用于冶金、化工、电力、港口、建筑、制造业等各个领域,是现代生产搬运作业主要的运输工具,国民经济的重要基础设施。随着生产复杂程度的提高,起重机结构也向着大型化、功能多元化的方向发展。目前,我国起重机械安全管理工作受到重视,检验检测工作也已形成制度,但是仍然存在很多严重不足。我国针对起重机的主要安全保障方法仍然以定检、监检为主,采用的技术手段多为目测、感观判断、停机测量、磁粉探伤等<sup>[1]</sup>。常规检测手段相对落后,检验人员工作量巨大但检测效率十分低下,对于大型起重机械的关键位置的检测往往

带有危险性;再者,对大型起重机械实施的检验、检测是在停机状态下,检测结果不能说明工作状态下的运行情况。

这些问题给我国起重机械安全运行带来巨大的隐患,为提高起重机械安全保障技术水平,继续加强起重机械安全监管力度,结构健康监测技术开始被逐渐应用于起重机械监测与管理方面。健康监测技术一般是指通过无损检测技术获取结构的实时信息,经数据采集与处理系统,得到一定的结构健康性能指标以反映结构的运行状况,并具有相应的提前预警功能。全生命周期的结构状态数据也为起重机械的设计提供了有力的技术支持。健康监测技术的推广有利于从根本上改变我国起重机械行业的“事后维修”和“定期维修”现象,并逐步走向“视性维修”

收稿日期:2011-05-31

作者简介:丁克勤(1968—),男,研究员,主要从事先进传感、结构健康监测技术以及无损检测新技术等方面研究。

或“状态维修”<sup>[2]</sup>。

## 1 大型起重机械健康监测系统设计

大型起重机械结构健康监测系统是一个以起重机械钢结构为研究对象,应用新型光纤光栅传感技术,对钢结构上关键部位的变形、应变、挠度、振动等多项参数进行实时监测的综合监测系统。基于光纤光栅传感技术的起重机械健康监测与管理系统功能框图如图 1。

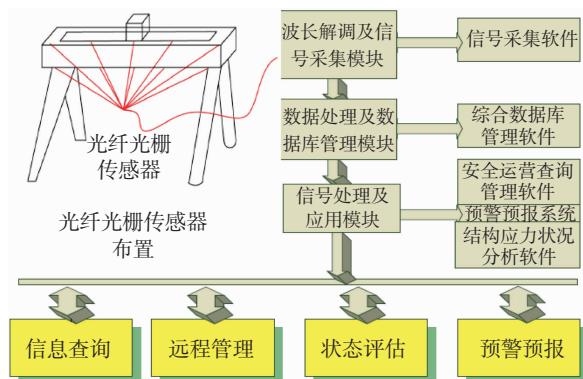


图 1 起重机械健康监测与管理系统功能框图

### 1.1 硬件系统设计

大型起重机械结构健康监测硬件系统包括传感器子系统与信号解调子系统。

#### 1.1.1 光纤传感子系统

本子系统设计包含两种不同参数监测传感器。

(1) 自温补光纤光栅应变传感器 自温补光纤光栅应变传感器是针对起重机械钢箱梁应变监测而开发。采用了独有的温度自补偿技术及应变增敏技术,具有较高的测量分辨率和测量精度,优良的温度补偿能力<sup>[3]</sup>。其技术性能参数如下:量程 $\pm 1\ 500\ \mu\varepsilon$ ;应变测量系数 $0.96\ \mu\varepsilon/\text{pm}$ ;安装在阻尼器的荷载系数 $31.93\ \text{kN}/\text{pm}$ ;温度漂移系数 $2.7\ \mu\varepsilon/\text{^\circ C}$ ;光栅中心波长 $1\ 525\sim 1\ 565\ \text{nm}$ 。

(2) 光纤加速度传感器 光纤加速度传感器用于实时监测主梁等在风、吊重等作用下的加速度响应,以评估结构的整体动力特性,为评价起重机械的结构健康与安全状况、验证设计理论,以及日常运营管理提供依据。其主要性能参数如下:量程 $1\ g$ ;分辨率 $50\ \mu\text{g}$ ;频响范围 $0\sim 1\ 000\ \text{Hz}$ ;工作温度 $-50\sim 120\text{ }^\circ\text{C}$ 。

#### 1.1.2 信号解调子系统

针对于起重机的运行特点,研发了 GTS-ASHM-001 健康监测解调仪,适用于光纤光栅温

度、应变、压力、位移等多种类型的光纤光栅传感器信号解调和传感数据动态采集,也可用于光纤加速度传感器的高速信号解调及数据采集。

该解调仪采用扫描激光器与并行光谱探测技术。光源输出光功率利用率达 85% 以上,相比传统的 ASE+可调滤波器技术,光源输出功率提高了 100 倍以上,电源功耗则下降 50%,光源有效使用寿命提高 10 年以上。其中要性能指标如下:每通道最大测点数 40 个(推荐值为 12~18 个);通道采样频率 25 Hz(每组 16 通道同步测量速度为 25 Hz);波长分辨率 0.1 pm;波长精度 $\pm 1\ \text{pm}$ (常温典型值);输出光信号功率 0~−20 dB,可探测的输入光信号功率−70 dB(允许光纤线路损耗接近 50 dB,也即 100 000 倍);测温精度 $\pm 0.1\text{ }^\circ\text{C}$ (常温典型值);应变分辨率 $0.1\ \mu\varepsilon$ 。

### 1.2 软件系统设计

软件系统由光纤光栅网络解调系列软件、控制及通信软件构成,同时还包含对所测量的数据进行处理的数据库管理、专家系统评估软件等,用以实现对起重机应变的实时在线监测及数据存储与查询,并结合相关理论实现对起重机构损伤的预警、识别,以及安全性评价、寿命评估等。软件系统设计方案如图 2 所示。

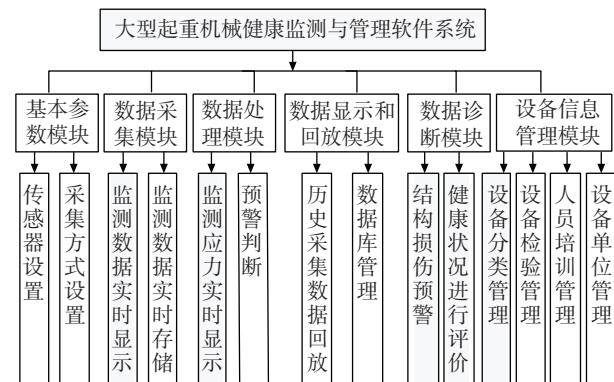


图 2 起重机械健康监测与管理软件系统

针对起重机械健康监测评价系统的功能需求,根据起重机械的动态应变信息,系统频响快的特点,设计软件系统结构,采用了先进的 C/S 结构和 3D 建模技术,实现实时应力计算、显示和告警,形成了友好的人机交互环境。

## 2 大型起重机械健康监测系统现场应用试验

### 2.1 试验对象起重机基本参数

本系统已在南京金陵船厂 300 t 门式起重机上

表 1 起重机基本参数

工作级别		A5
起重量	1号小车	主钩 150 t 副钩 50 t
	2号小车	主钩 150 t 副钩 50 t
二小车跨内共台		300 t
		150 t
		300 t
跨度		71 m
基距		28 m
起升高度		55+5 m

安装试验,起重机主要性能指标如表 1 所示。

## 2.2 传感器布设位置

传感器布设位置如图 3 所示。

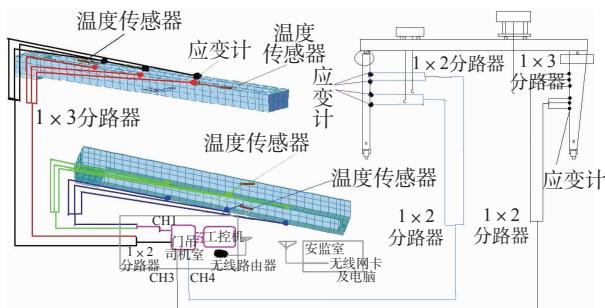


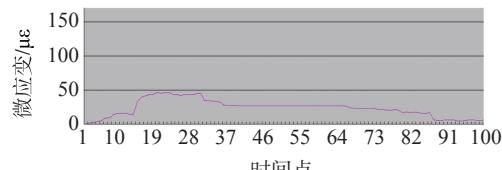
图 3 传感器布置示意

## 2.3 试验数据比较

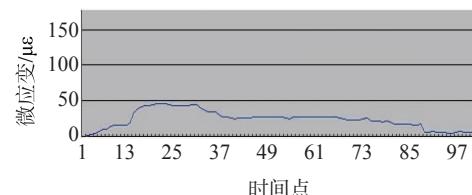
为了验证本监测系统的可靠性,灵敏性。应用 tds-530 数字静态应变仪(日本东京测器生产)与监测系统进行对比。

在起重机横梁东上 1/2 处相同位置布置两种类型传感器,在起重机运行过程中进行数据对比如图 4。

经试验证明,本监测系统与传统的电阻应变片



(a) 光栅传感器应变值



(b) 应变片传感器应变值

图 4 数据对比曲线

检测技术具有数据与精度的一致性,且现场安装与操作更加便捷,同时还可进行长时间监测。

## 3 总结

通过对健康监测的概念、组成模块的分析,根据起重机金属结构安全监测的要求,为大型起重机建立了一套基于光纤光栅传感技术的起重机结构健康监测与管理系统,并在南京 300 t 船门式起重机上应用。经过与常规应变片检测方法进行对比,试验数据基本一致。因此,该监测系统能够实现对起重机金属结构进行实时监测并进行健康诊断。

## 参考文献:

- [1] 吴彦,沈功田,葛森.起重机械无损检测技术[J].无损检测,2006,28(7):367—372.
- [2] 裴伟,丁克勤,邬代军.起重机械安全健康监测与损伤预警方法研究[J].机械工程与自动化,2010(6):120—122.
- [3] 赵勇.光纤光栅及其传感技术[M].北京:国防工业出版社,2007:1—248.
- [4] 谢常欢.无损检测仪器设备内部校准的有效性[C].2010 年运东无损检测新技术论坛论文集,昆山:江苏省特检院,2010.
- [5] 谢常欢.无损检测仪器设备内部校准的有效性[J].无损检测,2010,32(10):773—775.
- [6] CNAS CL14—2010 检测实验室能力认可准则在无损检测领域的应用说明[S].