

# 磁通量传感器索力监测系统在工程中的应用

周庠天 涂 慧 王晓琳

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545005)

**摘 要:** 索力监测为总体评价拉索技术状况进而评定桥梁总体结构的性能提供重要依据。但索力监测是一个长期的过程,如何在漫长的运营期保证传感器的使用寿命和测试精度,是急需解决的问题。磁通量传感器索力监测系统通过非接触式测量解决传感器受力疲劳问题,通过模拟标定来实现运营状态的数据校准,有着很好的耐久性、长效性。

**关键词:** 磁通量传感器 长效性 索力监测系统 应用 耐久性

## 1 概述

传统的压力传感器短期精度高、动态性好,但需要串联在受力结构中,在荷载的长期作用下,会出现材料徐变、形变传递失真、零点漂移等问题,耐久性和长期精度比较难保证,由于在受力状态下无法重新校准,无法更换,因此用于长期监测有一定的局限性。针对传统传感器技术的局限,磁通量传感器较好地解决了这些问题:

(1) 通过非接触式测量解决传感器受力疲劳影响寿命问题;

(2) 用模拟标定来实现运营状态的数据校准;

(3) 可以设计成哈弗式,直接在已受力的拉索上制作及安装,在不影响桥梁运营的前提下建立索力监测或更换损坏的传感器。

(4) 可以实现体内预应力(有粘结)多截面应力监测。

## 2 磁通量传感器原理

磁通量传感器基于铁磁性材料的磁弹效应原理进行测量,当受到外力作用时,铁磁性材料内部产生机械应力或应变,其磁导率发生变化,通过测定磁导率的变化来反映应力(或索力)的变化。图1为工作原理示意图。

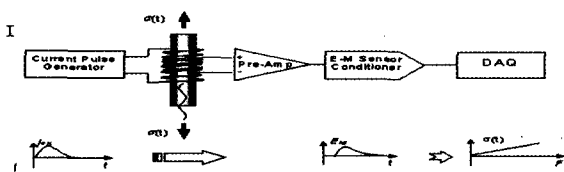


图1 工作原理示意图

## 3 磁通量传感器的技术特点

(1) 磁通量传感器为非接触式测量,不损伤结构;

(2) 不需对被测件进行表面处理,不破坏构件原有防腐保护层;

(3) 传感器维护成本低、使用寿命长;

(4) 抗干扰能力强、测量精度高、重复性好;

(5) 系统可自动测量和自动温度补偿;

(6) 可与计算机系统相连,进行远程健康监测。

## 4 磁通量传感器的应用

### 4.1 常规应用

广泛应用于测量铁磁性材料制成的棒材和拉索应力,包括平行钢丝绳索、钢绞线索、体内预应力钢绞线束、钢丝绳、精轧螺纹钢等构件。图2~图7为常规应用实例。



图2 体内预应力钢绞线应力监测

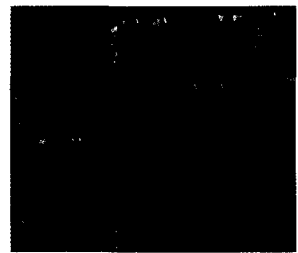


图3 精轧螺纹钢应力监测

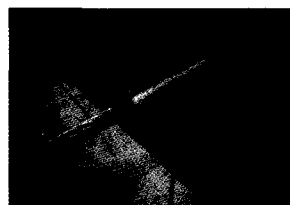


图4 钢丝绳张力监测



图5 斜拉索索力监测



图6 体外索索力监测 图7 吊杆索力监测(京沪高铁)

#### 4.2 有粘结预应力多截面监测

利用磁通量传感器非接触式测量的特点,实现体内预应力筋不同截面的应力监测。图8~图10为有粘结预应力多截面应用实例。

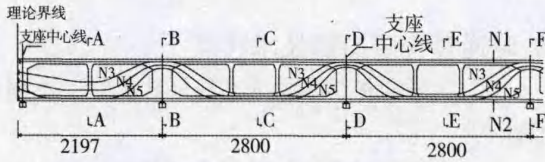


图8 成都双流机场飞机滑行道桥中幅桥永存预应力测试截面示意图

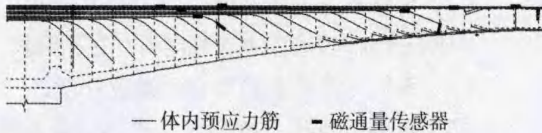


图9 广元市白水河大桥体内预应力监测示意图(部分)

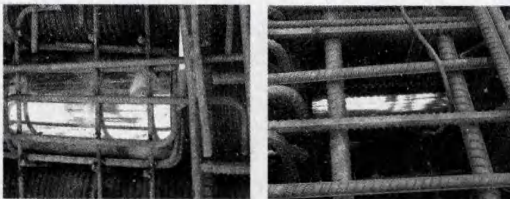


图10 磁通量监测体内预应力安装示意图

#### 4.3 运营中桥梁拉索索力监测

将磁通量传感器设计成哈弗式结构,直接在运营中的拉索上制作,通过模拟标定进行曲线拟合和校准,即可实现运营中桥梁拉索的索力监测。图11为在运营中的拉索上制作磁通量传感器。



图11 在运营中的拉索上制作磁通量传感器

#### 4.4 单根磁通量传感器监测平行钢绞线拉索索力

将单根磁通量传感器装配在平行钢绞线拉索锚具中,实现索力监测传感器与拉索锚具的一体化,形成智能化拉索。或者在单根挂索时将传感器套在待测钢绞线上,放入梁端预埋管中。特点:不改变拉索锚具原有外形尺寸;不影响挂索张拉施工工艺;可以根据重要度及投资额选择监测的钢绞线根数。

### 5 磁通量传感器索力监测系统

实现索力监测的最基本配置是磁弹仪(读数仪)和磁通量传感器,二者即可实现人工索力测量。当组建系统时,根据投资额及重要度,可选择离线检测系统或在线监测系统两种形式,前者造价低但需人工现场采集数据,后者可实现自动化在线监测。

#### 5.1 离线检测系统

磁通量传感器测量系统的基础配置主要包括磁通量传感器、开关集线箱、磁弹仪、数据传输线及线槽、仪器保护箱,构成数据采集系统(数据采集箱),根据传感器的数量及分布情况在桥梁上设置一个或多个数据采集箱,构成离线检测系统,实现人工定期数据采集。图12为离线检测系统示意图。

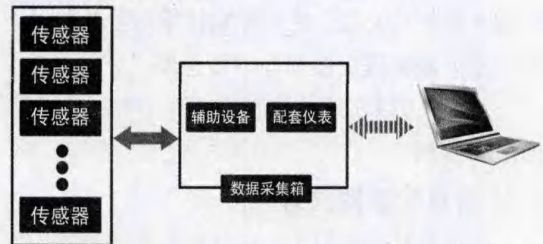


图12 离线检测系统示意图。

#### 5.2 在线监测系统

在离线检测系统的基础上,增加数据传输系统(有线、无线或以太网传输)和数据处理系统,即可实现索力的实时在线监测,具有自动测量、异常预警等功能,可以根据需要自主设定采集的时间、频率。互动性好,操作简单。图13为在线检测系统示意图。

(下转第40页)

对所有测量值依次计算出其修匀值，这样形成的折线比原始历史曲线明显光滑。

### 3.3.4 报告生成

选择所要分析的起始时间，对时间段内的历史数据进行上面三个步骤的处理，对处理后的数据绘制曲线。根据参数设置的阈值，对结构的安全性进行判断，自动生成监测报告。

### 3.4 状态评估及预警

当采集数据超出系统管理中设置的阈值时，系统会通过连接在监控中心客户端电脑的外围音箱设备自动实现直接语音报警。采用调用系统 smartread 动态链接库。很方便的实现了语音报警功能。

## 4 结论

(上接第36页)

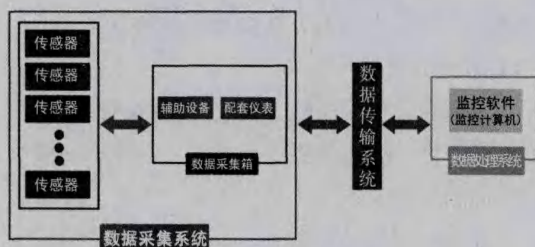


图13 在线检测系统示意图。

## 6 结束语

磁通量传感器技术从结构和原理上，较好地解决了长效性问题，可以预装在新建桥梁中，也可以安装在已运营桥梁的拉索上，还可以应用于有粘结预应力的多截面监测，对于研究体内预应力，保证大跨径连续刚构混凝土桥梁的运营安全，具有重要的意义。以它为基础构建的索力监测系统，在国内外的工程实践中得到大量的应用，例如：香港昂船洲大桥体外索在线监测，宜宾长江大桥斜拉索在线监测，九甸峡水利枢纽工程调压井环锚监测，厦门集美大桥体内预应力及体外索监测，夷陵长江大桥斜拉索索力监测，宜宾长江大桥斜拉索索力监测，京沪高铁拱桥吊杆索力监测，宁杭高铁拱桥吊杆索力监测，广珠铁路吊杆索力监测，

在斜拉桥监测系统硬件的总体构架基础上，基于Labwindows/CVI软件开发出一套斜拉桥监测系统，内容包括系统管理、数据采集、数据分析、状态评估及预警四个模块。数据处理采用系统误差数据剔除、监测数据的补差和监测数据的修匀等方法。结果表明，Labwindows/CVI将计算机的硬件资源与仪器硬件有机的融合，很好的实现了桥梁健康监测的自动化，能更有效、方便的对运营期斜拉索桥梁监管。

### 参考文献

- [1] 王建新, 杨世凤, 隋美丽. LabWindows/CVI 测试技术及工程应用[M]. 化学工业出版社, 2006
- [2] 赵长海. 预应力锚固监测技术[M]. 中国水利水电出版社, 2001

广元市白水大桥体内预应力监测，成都双流机场飞机滑行道桥永存预应力监测，等等，极大的丰富了索力监测的手段，并推动结构安全健康监测技术的发展。鉴于近来桥梁安全事故频发，建议桥梁管养部门立即着手开展桥梁健康方面的检测工作，把安全事故隐患消除在萌芽状态。

### 参考文献

- [1] 王社良, 王威, 苏三庆等. 铁磁材料相对磁导率变化与应力关系的磁力学模型[J]. 西安科技大学学报, 2005, 25(3).
- [2] Wang M L, Chen Z L, Koontz S S. Magneto elastic method of stress monitoring in Steel Tendons and Cables. Nondestructive Evaluation of Highways, Utilities, and Pipelines IV. Proceedings of SPIE, 2000.
- [3] Wang M L, Lloyd G, Hovorka O. Development of a remote coil magneto-elastic stress sensor for steel cables, SPIE 8th Annual International Symposium on Smart Structures and Material, Health Monitoring and Management of Civil Infrastructure Systems; Newport Beach CA, 2001.
- [4] 曹映泓, Ming L Wang, 朱利明. 湛江海湾大桥分布式健康监测系统开发研究[J]. 公路, 2007(01).
- [5] 王文涛. 斜拉桥换索工程(2版)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.
- [6] 郝超, 裴岷山, 强士中. 斜拉桥索力测试新方法—磁通量法[J]. 公路, 2000(11).