

文章编号:1001-4500(2007)02-0042-02

# 基于有限元法的应变传感器设计

周昊<sup>1</sup>, 杨兵<sup>1</sup>, 丁桦<sup>1</sup>, 陈守良<sup>2</sup>, 时忠民<sup>3</sup>, 黄映成<sup>4</sup>(1. 中国科学院力学研究所, 北京, 100080; 2. 北京航天702所, 北京, 100078;  
3. 中海石油研究中心, 北京, 100027; 4. 中海石油有限公司, 深圳, 518000)

**摘要:**设计了一种新型的应变传感器,适用于海洋平台结构的测量。用有限元软件 Ansys 对该传感器进行了分析和改进。

**关键词:**应变传感器;有限元;灵敏度

**中图分类号:**O242

**文献标识码:**B

随着海洋开发事业的迅速发展,海洋平台得到广泛应用,研究监测技术是防止事故发生及降低开发风险的必要措施,对海洋平台结构进行准确的测量是十分必要的,文中设计的应变传感器便于安装,测量方便,而且具有较高的灵敏度。

## 1 设计原理

应变片的工作原理是根据导线电阻值随其本身伸长率的变化而变化,存在如下关系式:

$$\Delta R / R = k \cdot \epsilon$$

式中:  $\Delta R / R$  为电阻变化率;  $k$  为灵敏系数;  $\epsilon$  为应变值。

应变片粘贴在受测物件上后,应变值随受载变形电阻值将发生相应的变化,使应变片完成了一个由载荷表示的机械量变成电信号的转换。受载后建立载荷与电阻变化间的函数关系,通过预先确定的载荷标定曲线获得测量的载荷值。

在对海洋平台结构测量时,应变传感器在安装过程中容易受到安装工艺的影响,发生弯曲变形,本文中设计的传感器在中间部位增加了一个方形结构,并有一定的厚度,这样传感器的弯曲刚度增大,可避免安装工艺的影响,如图1所示。

实际测量中,应变传感器的两端用8个螺栓固定在海洋平台导管架上,在中间的小梁的下表面贴应变片,尽量保证中间的小梁上下表面平直,然后密封,如图2所示。

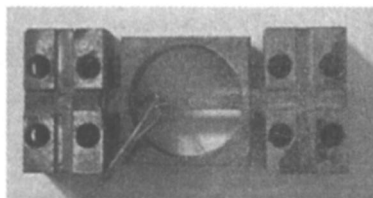


图1 应变传感器

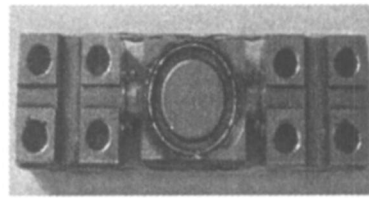


图2 应变传感器密封图

## 2 传感器的有限元分析

### 2.1 模型的建立

建立合理的模型是有限元计算的关键,本文主要通过用有限元计算来分析应变传感器贴片位置的灵敏度和受加工工艺影响的程度。加工时,受加工工艺的影响,中间的小梁很容易发生弯曲,本文分别建立中间

收稿日期:2006-09-29

作者简介:周昊(1980-),男,硕士,从事有限元仿真计算。

梁表面平直和中间梁发生弯曲的三维有限元模型(图 3),比较两者的应变值变化情况。

整体结构选用 solid45 号实体单元,中间小梁选用 beam189 号梁单元。

材料属性:弹性模量为  $2.1 \times 10^{11}$  Pa,泊松比为 0.3。

### 2.2 边界条件

该应变传感器贴在被测结构表面,主要承受拉、压载荷变形,因此将一边的下底面全约束,另一边下底面沿水平 X 方向给定 1mm 的位移。计算梁中间部位下表面的应变值。

### 2.3 有限元分析结果

计算结果见表 1,可以看出,如果中间梁的表面是平直的,计算出的应变值比较均匀,如果中间梁发生微小的弯曲,对测量的结果影响很大,应变值变化较大,据计算,当中间梁向下弯曲 0.3mm 时,应变值下降了一个数量级。也就是说,该应变传感器受加工工艺条件的限制比较严格。



图 3 应变传感器的有限元模型图

表 1 中间梁平直和弯曲时下表面的应变值

	平直	中间向上弯曲 1mm	中间向下弯曲 1mm	1/4 处向上弯曲 1mm	1/4 处向下弯曲 1mm
下表面 X 向应变值( $\times 10^{-2}$ )	0.45959	1.3834	- 0.69154	1.4492	- 0.86857

## 3 传感器的改进

针对上述情况,对传感器进行了改进,如图 4 所示,将中间梁设计成一个台阶形状,电阻应变片贴在梁中间部位的下表面。材料属性与边界条件不变,调整竖直梁的高度分别为 6、4、2mm,分别计算中间梁下表面的应变值(见表 2)。进一步计算改进后竖直梁高度为 6mm,中间梁发生微小弯曲时,中间梁下表面的应变值(见表 3)。

表 2 改进后中间梁下表面应变值

	竖直梁高度 6mm	竖直梁高度 4mm	竖直梁高度 2mm
( $\times 10^{-2}$ )	0.56166	0.81938	1.2846

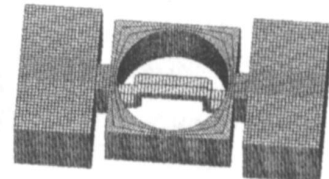


图 4 改进后应变传感器的有限元模型图

表 3 改进后中间梁平直和弯曲时下表面的应变值

	平直	1/2 处向上弯曲 1mm	1/2 处向下弯曲 1mm	1/4 处向上弯曲 1mm	1/4 处向下弯曲 1mm
( $\times 10^{-2}$ )	0.56166	0.54505	0.56225	0.52144	0.5814

## 4 结论

1) 本文设计了一种新型的应变传感器,适用于海洋平台结构的测量。该传感器增加了一个方形结构,可以避免安装时传感器发生弯曲变形。

2) 传感器改进后,灵敏度提高了,且竖直梁的长度越短,应变传感器越敏感。

3) 传感器改进后,在加工过程中,即使贴片位置处发生微小的弯曲,测得的应变值变化不大,受加工工艺的影响减小了,能够更加准确的测量。

### 参考文献

[1] 朱光文. 海洋环境监测与现代传感器技术[J]. 海洋技术, 2000, 19(3): 38.  
 [2] 中国人民解放军装甲兵工程学院. 传感器技术手册. (第一版) [M]. 北京: 国防工业出版社, 1998: 1-64.  
 [3] 赵建才. 拉一压力传感器线性度的有限元分析[J]. 传感器技术, 2001, 20(12): 24-28. (下转第 54 页)

气上是完全隔离的。这样,如果一个网络的数据传输发生了故障,另一个网络完全可以正常工作,从而确保系统的正常运行。CAN 总线资源占用少,使用一对双绞线就可以将各个带 CAN 接口的设备连接起来,是一种总线利用率极高的现场总线。

#### 4 结束语

本文所述方法可移植性较好,只要把开关量采集部分更换为模拟量采集,其它部分不用更改就可以完成模拟量的采集。另外工业以太网接口电路可完全移植到任何其它电路而增加一个以太网接口。此外用本文所述的模块构成系统时,可以组成两个网络:CAN 网与工业以太网,两个网络互为热备份,可在比较恶劣的环境下使用。比如可以用该系列模块构成船舶、或石油平台监测报警采集系统,构成两个逻辑网(CAN 网、以太网),然后再配以组态软件就能实现在局域网中共享全船或整个平台的报警情况。

#### 参考文献

- [1] 邬宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] 孙育才. 新型 AT89S52 系列单片机及其应用[M]. 清华大学出版社,2005.
- [3] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 清华大学出版社,2003.
- [4] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术. [M]. 北京航空航天大学出版社,1990.
- [5] 徐惠民,安德宁. 单片微型计算机原理、接口及应用(第二版)[M]. 北京邮电大学出版社,2002.

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF COLLECTING MODULE FOR SWITCHED INPUT WITHIN DOUBLE NETWORK INTERFACE

HU Jiaoe

(Shanghai Shipbuilding Technology Research Institute, Shanghai 200032, China)

**Abstract:** The paper introduces that the hardware design and software of collecting module for switched input. With two network interfaces: for CAN bus and industrial ethernet network, is realized by 51 micro-controllers, and also presents the flow of software.

**Key words:** data collecting, double network interfaces, RTL8019AS

(上接第 43 页)

## A STRAIN SENSOR DESIGNED BY FINITE ELEMENT ANALYSIS

ZHOU Hao, YANG Bing, DING Hua

(Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract:** This article has designed a new kind of strain sensor, which is suitable to the offshore platform structure survey. The sensor is analyzed and improved by a finite element software ANSYS. After improving the structure, its sensitivity is enhanced and the influence of installment and process is reduced.

**Key words:** strain sensor, finite element, sensitivity