

# 基于加速度传感器技术的倾角测量系统

卓芝正

(哈密市气象局装备保障中心, 新疆 哈密 839000)

**摘要** 加速度传感器技术的发展已经进入了新的阶段, 所以需要在技术上进一步优化和创新, 使其在实际的应用上更加方便、灵活。加速度传感器技术在今后的发展中将会向着高精度的方向迈进, 在自动化生产技术不断发展的状态下, 随着市场需求和科技的进步, 人们对设备的倾角测量提出了高可靠性和高稳定性的要求, 所以在高灵敏度和精确度的倾角测量系统会是今后研究发展的重要方向。本文在介绍加速度传感器技术的基础上, 对倾角测量系统和其实际应用进行了具体分析, 以期对相关技术的研究和应用有所裨益。

**关键词** 传感器 加速度传感器技术 倾角测量系统

**中图分类号:** TP21

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-0745(2022)08-0001-03

目前, 加速度传感器技术已经广泛应用在我们的日常生活和生产中, 现在利用加速度传感器技术也生产出了各种各样的传感器, 基于传感器的飞速发展, 相应的技术应用也逐渐多了起来。目前传感器技术是现代科技的前沿技术, 发展迅猛, 许多国家将传感器技术列为与通信技术和计算机技术同等重要的位置<sup>[1]</sup>, 被广泛地应用于各个行业领域中, 在很多情况下都需要测量一个设备的倾斜程度, 越来越多的超高精密的仪器及设备都离不开倾角仪对其角度的测量<sup>[2]</sup>, 如各种车辆、船舶、火炮及武器平台的姿态测量<sup>[3]</sup>。现今各行业测量设备的倾角程度, 测量的工具还沿袭的是水泡式水平尺, 测量者仅凭肉眼目测, 无法准确得到当前设备的倾斜程度, 这就给观测设备留下了隐患, 造成观测数据不准确。所以, 针对以上问题, 利用加速度传感器技术设计倾角测量设备是必不可少的, 也是发展的趋势。它的作用相比于传统的倾角测量方法体现得尤为突出, 研发人员通过此技术研发出的倾角仪能够更方便快捷地测量设备倾角问题, 提高了工作效率, 保证了倾角测量的准确性。通过对加速度传感器技术的论述, 证实了加速度传感器技术在测量设备倾角中的可靠性。

## 1 倾角测量系统的硬件概述

该倾角测量系统由主控模块、传感器模块、显示模块、电源模块、主控输入模块、报警模块六个模块组成。

主控模块为核心控制系统, 以单片机作为微控制器, 主控系统可以让其他的模块可以连通成为一个整体系统, 通过编程后, 来实现控制倾角测量的目的。

传感器模块利用加速度传感器来进行数据采集, 加速度传感器随着被测物体的变化, 经过单片机中计算公式的处理, 并自动通过 A/D 转换为数字信号, 然后在算法下转化为数值角度, 利用加速度传感器测得角度值为主控系统提供信息采集数据。

电源模块为其它系统输出一个稳定的电压。

倾角显示模块为主控系统分析的数据进行显示, 最后显示在液晶屏上, 得到倾角值。

主控输入模块可以设置角度报警值的上下限, 倾角报警系统对设置的角度值是否超过上下限进行报警。

### 1.1 主控模块

主控模块即单片机最小系统, 是整个电路的控制中心, 其中包含了单片机、晶振电路和复位电路。目前, 市场上能实现功能的单片机非常多, 该系统中单片机的基本保证要求具有强抗干扰、精度高和功耗低的特点, 其功能为: (1) 由于信号的采集需要进行 A/D 转换, 则单片机内部能进行 A/D 转换模块; (2) 还要实时控制温度传感器; (3) 对数据的接收能实时进行处理和传输。

单片机的晶振电路作用是单片机工作提供基本时钟。时钟信号一般又分为内部时钟方式和外部时钟方式两种, 单片机所有的命令必须在时钟信号控制下才能有序地进行, 单片机的内部有一个振荡电路, 只要在单片机的对应引脚外接一个石英晶体, 就形成了自激振荡器, 而且在单片机的内部产生时钟脉冲信号要与单片机完全兼容。

复位电路的形式包括上电复位和按键复位, 其作用是将单片机内部各个电路的状态恢复到一个确定的

初始值, 并从这个状态开始工作。

## 1.2 传感器模块

该倾角测量系统的加速度传感器根据物体的运动姿态可以进行信息采集, 信息采集系统将信息反馈给主控系统处理。加速度传感器可以在倾斜检测应用中测量静态重力加速度, 还可以测量运动或冲击导致的动态加速度。

### 1.2.1 加速度传感器技术

加速度传感器是一种能够反映出物体通过重力产生加速度的传感器。加速度传感器最重要的组成部分有质量块、阻尼器、弹性元件、敏感元件和适调电路等。传感器在工作的过程中, 其目的就是对物体所受的惯性力进行测量, 所获得的加速度值是根据牛顿第二定律 ( $F=mg$ ) 计算出来的。现市场中有各种传感器敏感元件不同的加速度传感器, 需要根据使用者的要求来选择。加速度传感器技术最常见的应用就是对某物体的倾斜程度进行测量, 它以重力为输入矢量来决定物体在空间所发生的变化。当加速度传感器在测量物体的倾斜程度时, 水平发生改变, 加速度传感器的敏感轴的角度会变化, 随之也就发生重力作用, 传感器敏感轴上就会有加速度, 因此可通过测量加速度的变化来计算出物体的水平变化。测量物体正交两个轴向的倾角可以用欧拉角的形式代表坐标系的变化, 设 OXYZ 为定坐标系, OX<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub> 为动坐标系, 起始时 OXYZ 和 OX<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub> 重合, 绕 X 轴、Y 轴转动后, 转动的角度为 a、b 角, 达到新位置 OX<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub> 轴。

其中 OX<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub> 为初始位置时加速度传感器 3 个轴向上的输出信号, 通过检测传感器 OX<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub> 方向的加速度信息 X、Y、Z, 即可计算出物体的变化程度。

### 1.2.2 加速度传感器技术特点

加速度传感器技术是建立在微电子机械系统 (MEMS) 技术基础上的, 基于 MEMS 技术的微加速度传感器制作的倾角传感器得到了广泛的研究与应用<sup>[4]</sup>。传感器采集数据之后, 经过信号调理、A/D 转换将采集到的加速度数据传输到控制器进行处理, 经过积分算法转换为物体运动位移。对系统的使用效果进行验证, 结果表明: 设计的运动轨迹检测系统的测量精度较高, 控制在 3%~4% 之间, 物体运动位移检测效果良好<sup>[5]</sup>。加速度传感器是一种能感受加速度变化并可以迅速转换为可用的输出信号的传感器, 要求能够精确的反应仪器设备的实时变化, 尤其是基于 MEMS 技术的加速度传感器体积小、重量轻、功耗小、启动快、成本低、

可靠性高、易于实现数字化和智能化<sup>[6]</sup>。

### 1.2.3 加速度传感器的选择

两轴的加速度传感器已经可以满足在大多数项目上的应用。对于水平要求较高的设备则需要用到三轴加速度传感器。对于一些简单设备的角度测量只需要重力变化在  $\pm 2g$  加速度传感器就可以满足。低功耗也是必不可少的, 其直接影响到系统的功耗和电路的噪声。

在传感器刷新率上, 每秒钟传感器会产生读数的次数越多, 说明精度越高。简单设备的角度测量需要几十 HZ 的带宽即可满足, 高水平精度设备需要一个上百 HZ 带宽的传感器才能满足。

在传感器阻值上, 对于需要进行 A/D 转化的微控制器连接的传感器阻值必须小于  $10k\Omega$ 。所以在选择传感器前要考虑是否能在可编程中断控制器和单片机控制板正常工作。

在传感器灵敏度上, 灵敏度越高的传感器对物体发生的加速度变化会更敏感, 输出电压的变化也越大越容易测量, 测量的值也会更精确。但实际上传感器的灵敏度越高, 测量的范围会越窄, 灵敏度低测量的范围会比较宽。所以在选择传感器的时候要根据设计的产品实际出发。

## 1.3 显示模块

倾角测量显示模块是由液晶显示屏来完成的, 主控模块将处理好的数据信息反应在液晶显示屏上。液晶屏的原理就是利用液晶特殊的物理性能, 使用电压对它的显示区域控制, 接电就可以显示。液晶显示器非常薄, 而且可以运用在大规模的集成电路当中, 可以直接驱动和全彩色显示等优点, 现在已经被应用在非常多的领域。

## 1.4 电源模块

该系统的电源模块为整个倾角测量系统供电, 电源可以选择锂电池, 锂电池的优点是可以使倾角测量系统更稳定化和微型化。由于各个模块对电压的需求不同, 可以用转换器以分级降压的方式在电路中体现出来。

## 1.5 主控输入和报警模块

该倾角测量系统的主控输入系统可以由三个按钮组成, 分别为设置键、调上限键、调下限键。在测量倾角角度过程中, 可对倾角测量仪设置一个上下限值, 系统默认显示的是当前角度值, 当按下设置键时, 显示切换到角度上下限的显示, 调上限键作为调节角度上下限时的加一用, 调下限键作为调节角度上下限时的减一用, 调节完毕后再次按下设置键则返回当前角

度值显示。报警功能主要是角度超过设定的上限报警值或低于设定的下限报警值时会发出报警信号,系统采用的报警方式为声光报警。声报警用蜂鸣器来实现,光报警采用发光二极管来实现。

## 2 倾角测量系统的程序概述

程序的功能主要包括:

1. 能在 LCD 上面显示传感器传出的角度。
2. 判断值是否在报警范围内从而做出不同的判断。
3. 能进行串口通信。

传感器把采集到的物体姿态变化数据传给单片机,单片机会对采集到的角度值进行分析是否超过设定的上下限,若超过上下限,报警系统会报警,并在显示屏上显示角度;若没有超过会直接在显示屏上显示。

### 2.1 信息采集系统及串口通信程序

该系统中传感器系统进行信息采集并进行加速度计算,由 I2C 串行通信进行写信号,然后将信号将发送至设备地址并发送读取单元地址,发送完后 I2C 串行通信进行读信号并且连续读取加速度数据,直到读完, I2C 串行通信停止信号。每个 I2C 总线上的器件的地址唯一,主机就是通过寻找唯一的地址来进行数据传输。当主机为发送器的时候,器件接收数据,当主机为接收器的时候,器件发送数据。

### 2.2 液晶显示系统程序

采集到的加速度会经过单片机处理转化为角度,显示系统将角度值转化为字符并调用 LCD 字符显示函数,最后在显示屏上显示出来。

要显示的数据有:当前角度值、角度的上限值和角度的下限值。角度值的范围是  $360^\circ$  任意角。

### 2.3 报警系统程序

传感器先采集角度值,然后传感器将采集到的角度值在单片机处理时会进行判断角度值是否超过预定值,如果角度超过上下限,串口发送角度超限,通过蜂鸣器的声音实现高于上限或低于下限的报警,同时发光二极管会发光。如果没有超过上下限蜂鸣器不发声,二极管不发光。

## 3 倾角测量系统的温度误差补偿技术

由于实际运用中对倾角测量系统的精度有非常高的要求,而本系统正是建立于 MEMS 的传感器上研究的。温度不会造成倾角测量系统的硬件设计和结构上的误差,但是其内部加速度的标度因数和零点电压会因温度的不同而发生改变<sup>[7]</sup>。因此可以确定温度误差是

影响本系统精度的最大因素,建立倾角测量系统在静态条件下进行的温度误差补偿方法可以减小误差,提高系统的测量精度。

## 4 倾角测量系统的应用

使用者在测量设备水平时,将倾角测量仪放置在设备平面上,设备平面与仪器之间要光洁、平整,以免因外界因素影响测量值的精确。这里要注意在仪器放置好后,身体不要接触设备平面,以防止顶盖轻微变形引起测量误差。

将仪器按照使用者目的放置好后,仪器的输出显示屏会输出三组数据: X 轴方向的角度, Y 轴方向的角度, Z 轴方向的角度,当对某一个角度进行测量时,若显示的数据为 X:0, Y:0, Z:0,则说明在这某一角度的平面是水平的,若输出的某一坐标轴要素显示数值,则说明设备是不水平的,正值代表此方向偏高,负值则相反。由此可判断出设备是否水平或是否达到设备需倾斜的角度,对设备进行人工调节后,仪器转动  $180^\circ$ ,按上述的水平测量方法进行再次测量。如此反复,一直调整到符合要求为止。上述只是提到加速度传感器受重力的影响,如果设备在旋转的情况下,仪器会受旋转离心加速度和旋转切向加速度的影响。传感器和距旋转中心的距离越小,旋转离心加速度和旋转切向加速度的影响则可以减小,所以测量仪器要放在设备旋转中心。

## 参考文献:

- [1] 陆遥. 传感器技术的研究现状与发展前景 [J]. 科技信息, 2009(19):31-32,35.
- [2] 刘伟,李杰,王一焕. 基于融合模型的高精度倾角测量系统设计 [J]. 传感技术学报, 2016(10):1619-1624.
- [3] 张立新. 高精度姿态传感器 [J]. 西安工业大学学报, 2020,40(05):540.
- [4] 邵晓敏. 全量程无线倾角传感器设计 [D]. 上海: 上海大学, 2012.
- [5] 林森. 运动轨迹检测系统研究——基于 MEMS 加速度传感器技术 [J]. 自动化与仪器仪表, 2016(08):244-246.
- [6] 严正国,黎伟. 基于 ADXL343 加速度传感器的倾角测量系统设计 [J]. 今日电子, 2015(01):55-59.
- [7] 李冰,韩彦东. 一种基于 MEMS 倾角测量仪的设计与验证 [J]. 实验室研究与探索, 2021(02):75-79.