

华中科技大学

课程实验报告

课程名称： 传感器原理及工程应用

专业班级： 物联网 1601 班

学 号： U201614898

姓 名： 潘翔

指导教师： 宋恩民

报告日期： 2019 年 4 月

计算机科学与技术学院

3 磁场强度和三轴加速度传感器实验

3.1 实验目的

通过实验，更多地了解磁场强度和三轴加速度传感器的特性、测量方法、性能特点及可能的应用

3.2 实验原理

3.2.1 磁场强度传感器

磁场强度传感器是可以将各种磁场及其变化的量转变成电信号输出的装置。自然界和人类社会生活的许多地方都存在磁场或与磁场相关的信息。在当今的信息社会中，磁场传感器已成为信息技术和信息产业中不可缺少的基础元件。



图 3.1 磁场强度传感器

3.2.2 三轴加速度计传感器

三轴加速度计传感器是基于加速度的基本原理去实现工作的，本质上属于惯性力传感器，使用的是牛顿第二运动定律： $F=ma$ （物体所受到的合力等于其质量与其加速度的乘积，矢量运算）。



图 3.2 三轴加速度传感器

3.3 实验步骤

- 1) 用磁铁改变磁场强度传感器周边的磁场强度、方向，探索测量结果与磁场情况之间的规律，判别传感器的 X、Y、Z 轴的走向，判断两个磁铁产生的磁场叠加在一起对测量结果的影响。
- 2) 用三轴加速度传感器
 - a) 测量斜放着的书的坡度
 - b) 测量传感器作圆周运动时的运动半径。

3.4 实验过程及结果

3.4.1 磁场传感器

其中，浅色方块代表传感器，而深色边框的每一个面进行放置磁铁，从而获得六组数据，在此基础上，给出任意角度的倾斜角度预测。

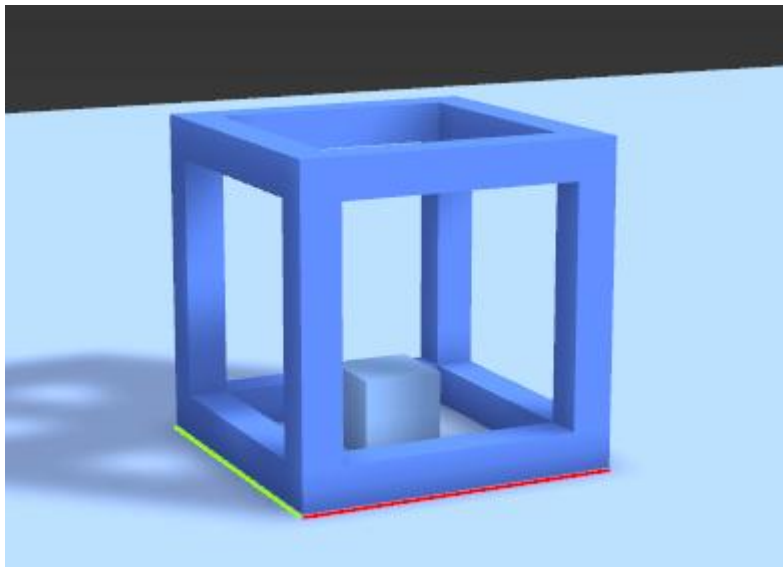


图 3.3 磁场传感演示图

分别在不放置磁铁，和磁铁不同朝向的情况下进行放置，测得七组数据如下

华中科技大学课程实验报告

表 3.1 不放置磁铁数据记录表

| |
|-----------------------|
| X=-659,Y=-2583,Z=-702 |
| X=-655,Y=-2582,Z=435 |
| X=-660,Y=-2578,Z=443 |
| X=-656,Y=-2581,Z=442 |
| X=-659,Y=-2580,Z=438 |
| X=-660,Y=-2571,Z=450 |
| X=-658,Y=-2576,Z=442 |
| X=-656,Y=-2576,Z=449 |
| X=-666,Y=-2575,Z=443 |
| X=-659,Y=-2573,Z=434 |
| X=-661,Y=-2574,Z=441 |

表 3.2 磁铁向下放置数据记录表

| |
|--------------------|
| X=232,Y=99,Z=1862 |
| X=232,Y=106,Z=1852 |
| X=231,Y=103,Z=1871 |
| X=236,Y=104,Z=1863 |
| X=233,Y=107,Z=1851 |
| X=232,Y=98,Z=1846 |
| X=232,Y=104,Z=1863 |
| X=229,Y=105,Z=1843 |
| X=226,Y=103,Z=1870 |
| X=231,Y=102,Z=1865 |
| X=229,Y=101,Z=1878 |

华中科技大学课程实验报告

表 3.3 磁铁向上放置数据记录表

| |
|--------------------------|
| X=28812,Y=-6896,Z=-32768 |
| X=28812,Y=-7079,Z=-32768 |
| X=28812,Y=-7034,Z=-32768 |
| X=28812,Y=-6993,Z=-32768 |
| X=28812,Y=-6978,Z=-32768 |
| X=28818,Y=-7066,Z=-32768 |
| X=28818,Y=-7131,Z=-32768 |
| X=28818,Y=-7095,Z=-32768 |
| X=28818,Y=-7191,Z=-32768 |
| X=28818,Y=-7251,Z=-32768 |
| X=28812,Y=-7190,Z=-32768 |

表 3.4 磁铁向前放置数据记录表

| |
|-----------------------|
| X=6098,Y=2410,Z=-1490 |
| X=6091,Y=2407,Z=-1491 |
| X=6127,Y=2376,Z=-1427 |
| X=6096,Y=2404,Z=-1478 |
| X=6095,Y=2401,Z=-1507 |
| X=6096,Y=2406,Z=-1493 |
| X=6115,Y=2387,Z=-1443 |
| X=6100,Y=2398,Z=-1472 |
| X=6134,Y=2367,Z=-1401 |
| X=6087,Y=2443,Z=-1572 |
| X=6088,Y=2450,Z=-1564 |

华中科技大学课程实验报告

表 3.5 磁铁向后放置数据记录表

| |
|-------------------------|
| X=3235,Y=-2998,Z=-16183 |
| X=3236,Y=-2992,Z=-16189 |
| X=3227,Y=-2979,Z=-16201 |
| X=3239,Y=-3001,Z=-16181 |
| X=3258,Y=-3017,Z=-16139 |
| X=3268,Y=-3032,Z=-16131 |
| X=3291,Y=-3068,Z=-16073 |
| X=3303,Y=-3085,Z=-16067 |
| X=3317,Y=-3102,Z=-16068 |
| X=3323,Y=-3111,Z=-16065 |
| X=3344,Y=-3134,Z=-16004 |

表 3.6 磁铁向左放置数据记录表

| |
|----------------------|
| X=302,Y=6375,Z=28633 |
| X=283,Y=6318,Z=28236 |
| X=295,Y=6334,Z=28416 |
| X=284,Y=6305,Z=28225 |
| X=298,Y=6349,Z=28541 |
| X=303,Y=6381,Z=28652 |
| X=294,Y=6365,Z=28623 |
| X=286,Y=6323,Z=28354 |
| X=286,Y=6322,Z=28347 |
| X=286,Y=6332,Z=28375 |
| X=268,Y=6264,Z=27974 |

华中科技大学课程实验报告

表 3.7 磁铁向右放置数据记录表

| |
|--------------------|
| X=-4181,Y=3,Z=631 |
| X=-4173,Y=-2,Z=609 |
| X=-4180,Y=6,Z=627 |
| X=-4147,Y=-3,Z=546 |
| X=-4122,Y=0,Z=531 |
| X=-4149,Y=-4,Z=574 |
| X=-4091,Y=-7,Z=467 |
| X=-4075,Y=-7,Z=431 |
| X=-4127,Y=-7,Z=536 |
| X=-4101,Y=-6,Z=466 |
| X=-4129,Y=-4,Z=520 |

基于上述数据，整理得表格如下：

表 3.8 磁铁放置均值表

| | X | Y | Z |
|----------|-------|-------|--------|
| 无磁铁 NULL | -659 | -2583 | -702 |
| 上 U | 232 | 102 | 1861 |
| 下 D | 28812 | -7066 | -32768 |
| 左 L | 6100 | 2403 | -1430 |
| 右 R | 3235 | -3017 | -16183 |
| 前 F | 296 | 6334 | 28623 |
| 后 B | -4140 | 1 | 537 |

表 3.9 左上 45°

| | | |
|-------|------|------|
| 23204 | -701 | 1660 |
| 23285 | -707 | 1683 |

华 中 科 技 大 学 课 程 实 验 报 告

| | | |
|---------|------|--------|
| 23275 | -700 | 1676 |
| 23256 | -694 | 1698 |
| 23329 | -704 | 1673 |
| 23247 | -709 | 1682 |
| 23260 | -711 | 1677 |
| 23297 | -714 | 1672 |
| 23170 | -734 | 1698 |
| 23269 | -726 | 1705 |
| 23259.2 | -710 | 1682.4 |

表 3.10 右上 45°

| | | |
|----------|-------|--------|
| -29085 | 52 | -32768 |
| -29090 | -4 | -32768 |
| -29090 | -40 | -32768 |
| -29101 | -53 | -32768 |
| -29090 | -57 | -32768 |
| -29101 | -33 | -32768 |
| -29090 | -75 | -32768 |
| -29101 | -109 | -32768 |
| -29096 | -95 | -32768 |
| -29090 | -125 | -32768 |
| -29093.4 | -53.9 | -32768 |

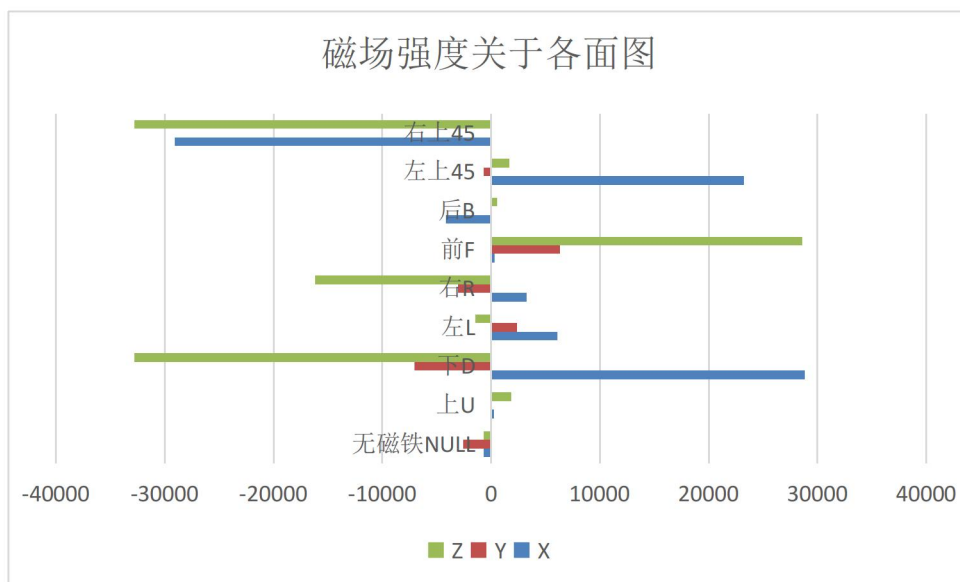
由上述可得，XYZ 近乎关于某一中线对称。

-2921, -350, -15544

由于存在电路板的极化作用，磁铁存在的情况下，磁感线并非理想下均匀分布，加之采用的磁铁并非均匀磁铁，故测量数据并非严格对称，而是呈现趋势分布。在磁铁进行原理的过程中，磁场强度先增大后减小。

华中科技大学课程实验报告

由于磁场强度为矢量，在进行运算的时候需要使用矢量运算，进而算出总的标量矢量长度。



3.4.2 三轴加速度传感器

1) 半径测定

采用杜邦线将三轴加速度传感器引出，利用不同长度(10cm,20cm,30cm,40cm,50cm)进行分析，从而获得传感器数据到半径的预测模型。

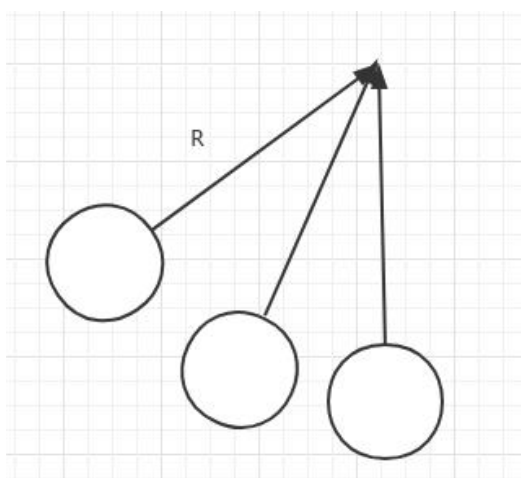


图 3.4 三轴加速度半径测量图

华中科技大学课程实验报告

对表格进行做图，得数据如下

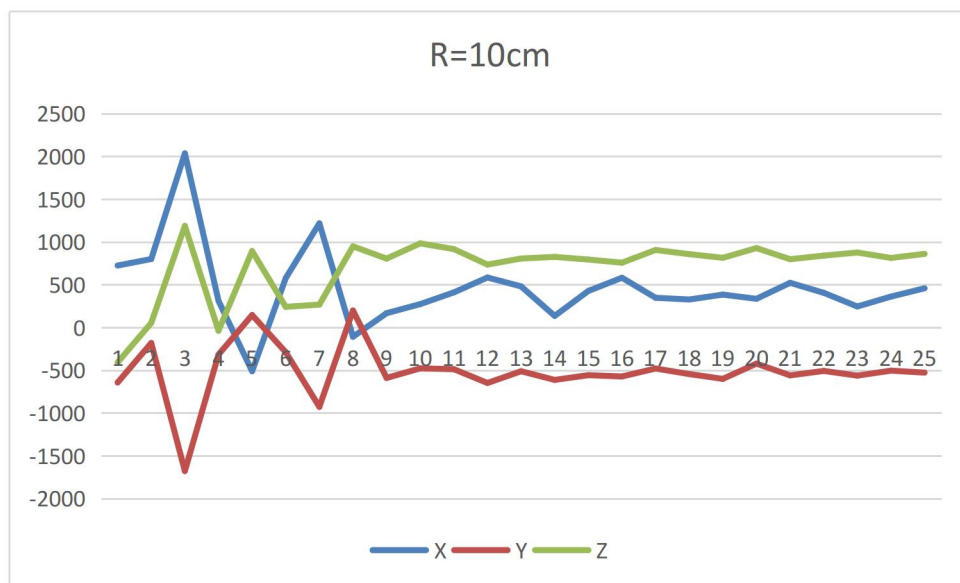
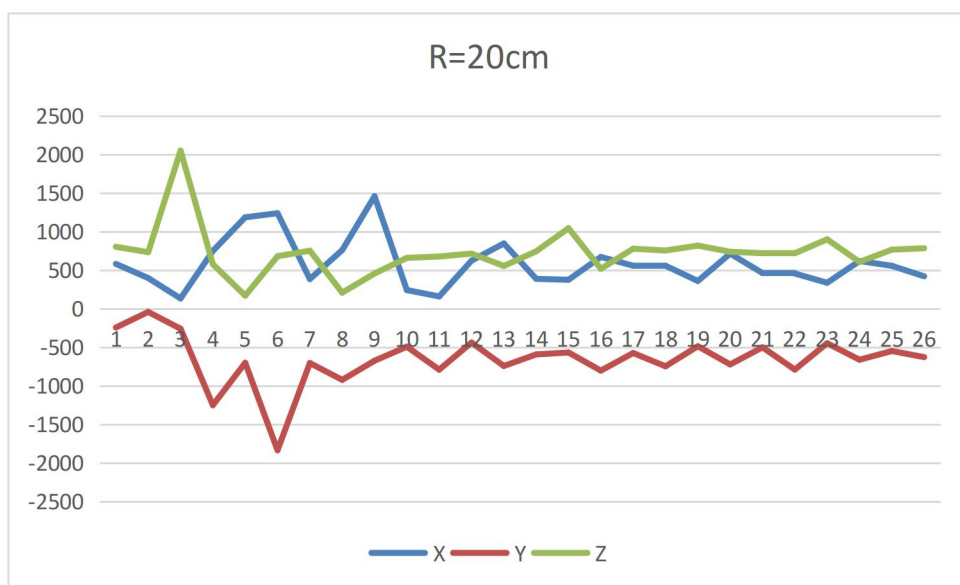
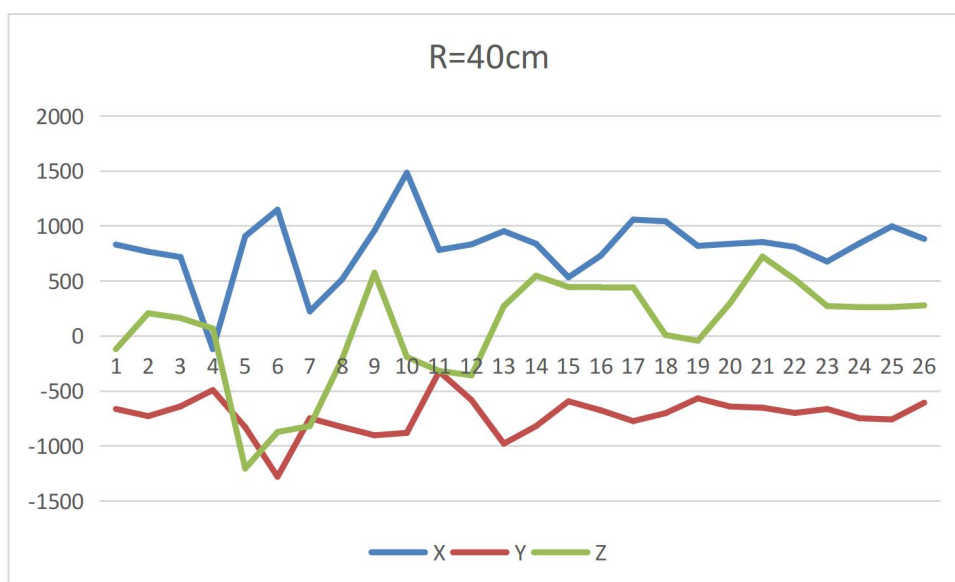
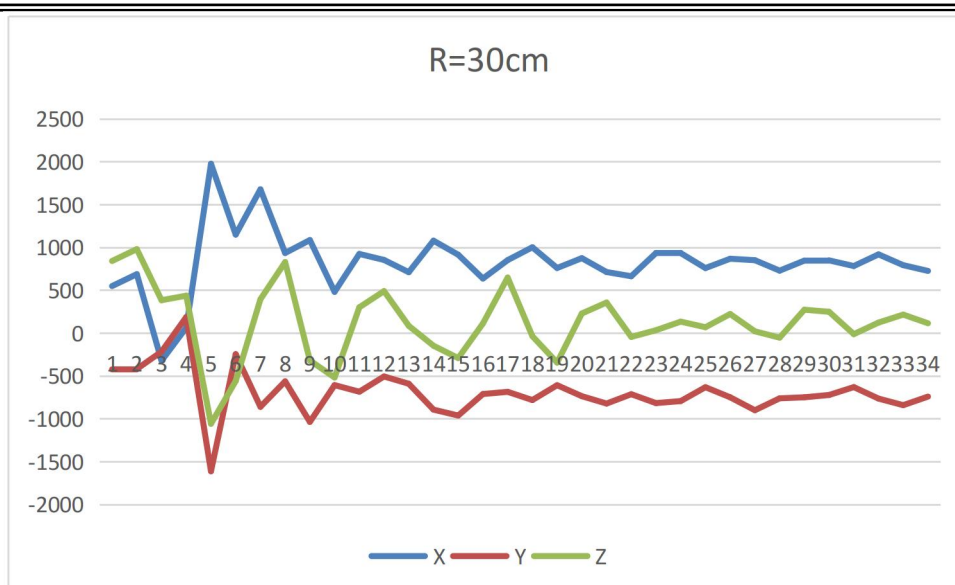


图 3.4 三轴加

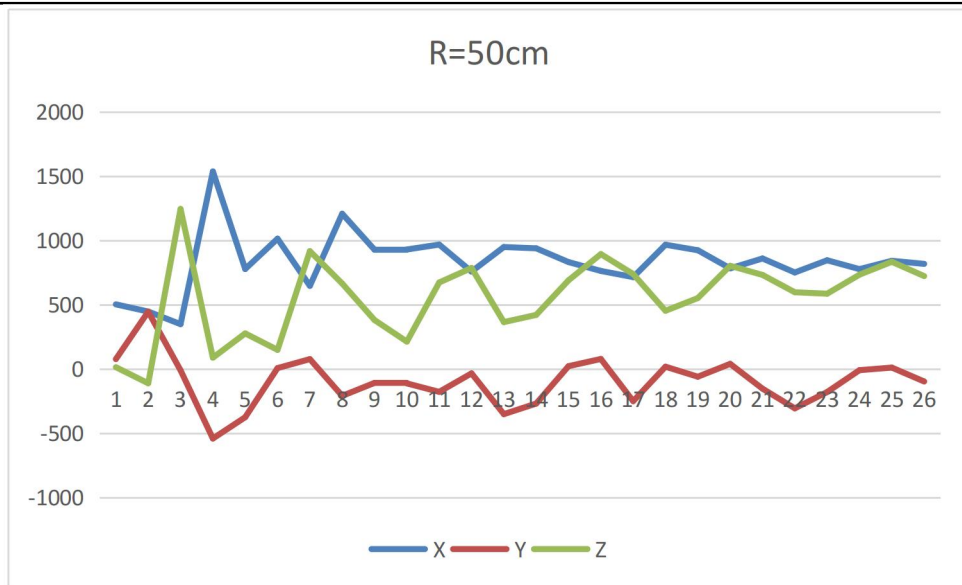
速度半径测量图



华中科技大学课程实验报告



华中科技大学课程实验报告



可以判定根据 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 计算得

$$l = (T/2\pi)^2 * g$$

表 3.11 三轴加速度半径估算表

| | | | | | |
|-------|------|------|-----|-------|-----|
| l | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 |
| T | 0.8 | 1 | 1.1 | 1.2 | NAN |
| l(估计) | 0.15 | 0.24 | 0.3 | 0.357 | NAN |
| 绝对误差 | 0.05 | 0.04 | 0 | -0.04 | NAN |
| 相对误差 | 0.5 | 0.2 | 0 | 0.106 | NAN |

由于采用杜邦线作为半径，并非柔性材料，存在一定阻尼，在摆长度较大的时候较为明显，故仅仅采用较短部分进行计算，可见误差仍然较大。

华中科技大学课程实验报告

2) 倾斜角测定

正反放置传感器，进行倾斜角判定。采用 30° ， 60° ， 90° 进行不同倾斜角测定 (此处进行三轴传感器进行测量时由于三轴传感器与平面平行困难，采用倾角传感器进行尝试)

| | 15 | 45 | 90 |
|-----|--------|--------|--------|
| + | 0.596 | -1.146 | -3.027 |
| - | -0.183 | 2.201 | -2.935 |
| SUB | 0.779 | -3.347 | -0.092 |

其中，垂直和水平状态下，正反差值应该较为接近 0，而 45° 存在较大差异。

3.5 实验问题

3.5.1 磁场强度

在进行磁场强度测量的时候，手持磁铁会有较大的抖动误差，且方向不一定准确，造成数据处理麻烦。

由于周围磁性介质的极化作用，磁场也会有较大的偏离。

3.5.2 测量传感器作圆周运动时的运动半径

由于不同的测量方式有不同的要求，在测量时需要采用不同的初始角度。如果采用矢量三角形进行计算，那需要进行尽可能的圆周运动。

如果采用周期进行近似计算，单摆周期有如下假设

- 1) 摆线由质量不计、不可伸缩的细线提供；
- 2) 摆球密度较大，而且球的半径比摆线的长度小得多，这样才可以将摆球看做质点
- 3) 偏角小于 10° 的条件

实验过程中，由于传感器较轻，采用附上重物(磁铁)，但仍然密度较小。

采用杜邦线作为摆线，存在较大阻尼，造成实验误差会先减小后增大，在 0.3m 左右误差最小。

华中科技大学课程实验报告

3.5.3 测量斜面坡度

由于三轴加速度传感器无法保持完全水平，所以在实验中采用坡度传感器测量的方式，进行正负的线性相减，获得减得结果与最终角度的线性关系。

3.6 应用场景

3.6.1 磁场传感器

1) 工业

a) 电机

在无刷电动机中，用磁传感器来作转子磁极位置传感和定子电枢电流换向器，磁传感器中，霍尔器件、威根德器件、磁阻器件等都可以使用，但主要还是以霍尔传感器为主。另外磁传感器还可以对电机进行过载保护及转矩检测；

b) 大功率原件

以磁传感器为基础的各种电流传感器被用来监测控制和保护这些大功率器件

2) 信息记录磁信息记录装置

磁信息记录装置：磁带，磁盘，磁卡，磁墨水记录帐册，钞票的磁记录

3) 交通控制

目前，在加强行车支持道路系统(AHS)、智能运输系统(ITS)和道路交通信息系统(VICS)等的开发与建设中，高灵敏度、高速响应的微型 DMR 磁传感器大有用武之地。例如，用分辨率可达 1nT 的 SI 传感器，可构成 ITS 传感器（作高速路上的道路标志，测车轮角度，货车接近距离），汽车通过记录仪（测通行方向、速度、车身长度、车种识别）、停车场成批车辆传感器、加速度传感器（测车辆通过时路桥的振动等）等。

4) 汽车

磁传感器在汽车上的应用尤其普遍，例如包括汽车安全、汽车舒适性、汽车节能降耗等。它在汽车中主要被用于车速、倾角、角度、距离、接近、位置等参数检测以及导航、定位等方面的应用，比如车速测量、踏板位置、变速箱位置、电机旋转、助力扭矩测量、曲轴位置、倾角测量、电子导航、防抱死检测、泊车定位、安全气

囊与太阳能板中的缺陷检测、座椅位置记忆、改善导航系统的航向分辨率。

5) 医疗

使用换向传感器在医疗设备之中用于电机控制，比如呼吸机、输液、胰岛素和肾脏透析机等方面的应用；电磁编码器霍尔传感器用于注射泵中检测流速以确定注射器是否为空和注射器是否堵塞的（应用于监测血液再造系统、自动血样分析系统）。

3.6.2 三轴加速度传感器

在实际过程中，由于不同的方式和位置，在同一种运动规律下，三轴加速度传感器会出现不同的周期模式。

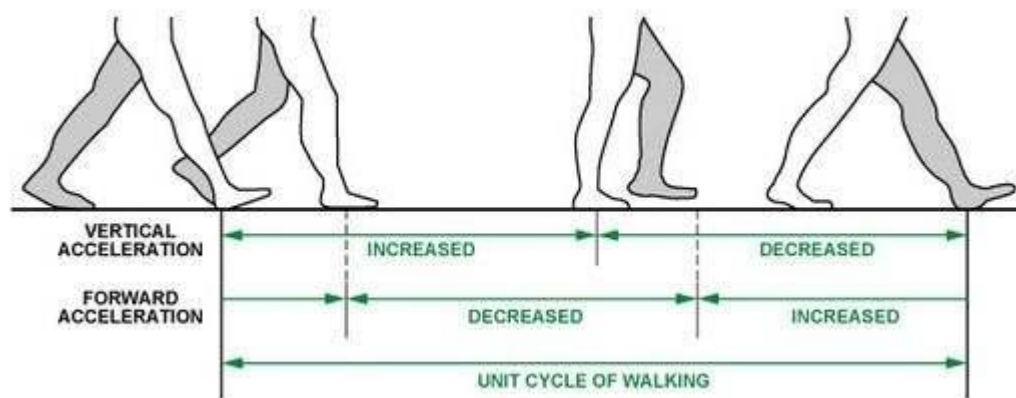


图 3.5 三轴加速度传感计步图

1) 获取放置方向

因为用户在运动中可能用手平持设备，或者将设备置于口袋中。所以，设备的放置方向不定。为此，通过计算三个加速度的矢量长度，可以获得一条步行运动的正弦曲线轨迹。

2) 峰值检测

记录了上次矢量长度和运动方向，通过矢量长度的变化，可以判断目前加速度的方向，并和上一次保存的加速度方向进行比较。如果是相反的，即是刚过峰值状态，则进入计步逻辑进行计步，否则舍弃。通过对峰值的次数累加，可得到用户步行的步伐。

3) 去干扰

手持设备会有一些低幅度和快速的抽动状态，或是我们俗称的手抖，或者某个恶作剧用户想通过短时快速反复摇动设备来模拟人走路，这些干扰数据如果不剔除，

华中科技大学课程实验报告

会影响记步的准确值，对于这种干扰，我们可以通过给检测加上阈值和步频判断来过滤。

3.7 实验总结

本次实验采用 python 进行之后的数据清洗，生成相应的 csv 表格，利用 excel 进行数据统计。

实验过程中，由于传感器方面的限制，造成了一定的误差，但是在实验过程中尽可能的采取措施减少系统误差，并通过多次测量减少偶然误差。

实验熟悉了磁场和三轴传感器的相应使用和数据处理，并了解了相应传感器数据处理的相应算法。