

# 智能机器人技术——感知

方桂安\*，彭卫文老师†

中山大学 智能科学与技术 20354027

## 1 题一

### 1.1 题目

六维运动变量型惯性测量单元 (IMU) 的传感器类型及划分为对应类型的原因。

### 1.2 解答



图 1 实物图

6DOF IMU 能够同时测量设备的六自由度运动，提供运动、定位和导航传感，利用陀螺仪和加速度计来估计机器人的相对位置、速度和加速度。

因此该传感器应该属于本体感受传感器（测量机器人的内部值：相对位置、速度、加速度）。

## 2 题二

### 2.1 题目

六维运动变量型惯性测量单元 (IMU) 的基本原理。IMU (英文 Inertial measurement unit, 简称 IMU)，是测量物体三轴姿态角及加速度的装置。一般 IMU 包括三轴陀螺仪及三轴加速度计，某些

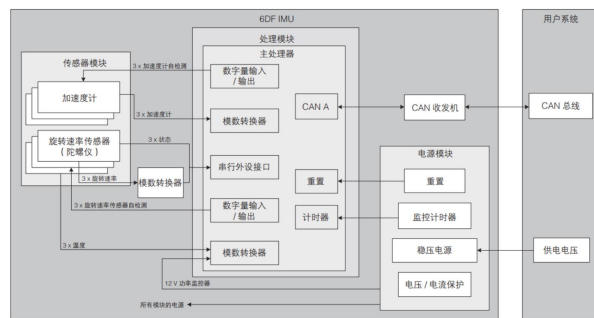


图 2 原理框图

9 轴 IMU 还包括三轴磁力计。

#### 2.1.1 加速度计

测量原理可以用一个简单的质量块 + 弹簧表示， $a_m$  为加速度测量值，

$$a_m = \frac{f}{m} = a - g$$

$g$  表示重力。力  $f$  通过弹簧形变  $x$  以及弹簧的形变系数  $k$  可以求得， $f = kx$ 。在 MEMS (Microelectro Mechanical Systems) 使用不同的方式来获得  $f$ ，比如压阻式加速度传感器、电容式加速度传感器等。

#### 2.1.2 陀螺仪

在旋转坐标系中，运动的物体受到科氏力（参考运动旋转学）的作用，以 MEMS 陀螺仪为例，主要分为：一个主动运动轴 + 一个敏感轴。

通常过程中，普遍为音叉陀螺仪，因为有可能在科氏力方向上物体本身具有一定的加速度，所以利用音叉陀螺仪构成差分模型，消除自身的影响。

当两个完全相同的质量块的运动方向相反，但是旋转相同的时候，它们就会受到相反的科氏力以及相同的外部加速度影响力。将两个质量块所受到该方向上的力做差，就会得到两倍的科氏力。

调研时间: 2022 年 5 月 27 日

报告时间: 2022 年 5 月 27 日

† 指导教师

\*学号: 20354027

\*E-mail: fanggan@mail2.sysu.edu.cn

### 2.1.3 磁力计

磁力计能提供装置在 XYZ 各轴所承受磁场的数  
据，接着相关数据会汇入微控制器的运算法，以  
提供磁北极相关的航向角，利用这些信息可侦测  
地理方位。

磁力仪是采用三个互相垂直的磁阻传感器，每  
个轴向上的传感器检测在该方向上的地磁场强度。

另外三轴磁力计还可以采用洛伦兹力原理，电  
流流过磁场产生力，从而驱动电容等变化。

## 3 题三

### 3.1 题目

六维运动变量型惯性测量单元 (IMU) 的特征  
指标分析。

### 3.2 解答

三轴旋转速率 (X, Y, Z)							
特性	6DF-1N2-C2-HWL 和 6DF-1N6-C2-HWL			单位			
	最小值	典型值	最大值				
范围	-75	-	75	°/s			
分辨率 <sup>1</sup>	-	0.044	-	°/s			
线性误差	-1	±0.25	1	°/s			
噪声	-	0.25	0.45	°/s (RMS)			
灵敏度误差	-4	±1.06	4	%FSS			
偏移误差 <sup>2</sup>	-2.5	±0.5	2.5	°/s			
响应频率	-	22	-	Hz			
G-灵敏度 <sup>3</sup>	-0.8	±0.5	+0.8	°/s/g			
噪声 (pk-pk) <sup>4</sup>	-2	±1.5	2	°/s (pk-pk)			
两轴倾角 (X, Y)							
特性	6DF-1N2-C2-HWL 和 6DF-1N6-C2-HWL			单位			
	最小值	典型值	最大值				
范围	-50	-	50	°			
分辨率 <sup>1</sup>	-	0.025	-	°			
线性误差	-0.2	±0.1	0.2	°			
噪声	-	0.2	0.45	°(RMS)			
灵敏度误差	-2	±1	2	%FSS			
偏移误差 <sup>2</sup>	-2	±0.25	2	°			
响应频率	-	30	-	Hz			
三轴加速度 (X, Y, Z) <sup>1,2</sup>							
特性	6DF-1N2-C2-HWL			6DF-1N6-C2-HWL			单位
	最小值	典型值	最大值	最小值	典型值	最大值	
范围	-19.81	-	19.81	-58.86	-	58.86	m/s <sup>2</sup>
分辨率 <sup>1</sup>	-	0.022	-	-	0.03	-	m/s <sup>2</sup>
线性误差	-0.392	±0.05	0.392	-0.687	±0.05	0.687	m/s <sup>2</sup>
噪声	-	0.2	0.45	-	0.2	0.45	m/s <sup>2</sup> (RMS)
灵敏度误差	-4	±0.5	4	-3	±0.5	3	%FSS
偏移误差 <sup>2</sup>	-1	±0.245	1	-1	±0.490	1	m/s <sup>2</sup>
响应频率	-	24	-	24	-	-	Hz

**6DF-1N2-C2-HWL**：该款型的精度略高于  
6DF-1N6-C2HWL，但抗震能力相对较弱。该款型  
专为“低噪”环境设计，“低噪”环境能够降低环  
境对信号的干扰，从而实现更高的精度。

**6DF-1N6-C2-HWL**：相比 6DF-1N2-C2-HWL，  
该款型抗震及耐恶劣环境的能力更强。这使传感  
器在恶劣环境中依然具备最佳性能，且传感器的精  
度只是略有降低。

该设备的特征指标技术规格如表所示，另外：

1. 分辨率指传感器的分辨率，而非 CAN 总线输  
出的分辨率。
2. 偏移误差是在零高度或水平面上测得的。
3. G-灵敏度是在 25°C [77°F] 下测得的。
4. 传感器旋转速度的峰 - 峰值噪声是在 0% 及

25°C [77°F] 时测得的。

5. 加速度计的技术参数是小于  
±0.499 g (4.895 m/s<sup>2</sup>) 下测得的。

6. 测量的比力是在 1 g = 9.8 m/s<sup>2</sup> 时测得的。

## 4 题四

### 4.1 题目

六维运动变量型惯性测量单元 (IMU) 的应用  
场景及注意事项。

### 4.2 解答

运动类型	主要应用领域		
	工业 (拖拉机、收割机、装载机、平地 机、推土机)	矿业 (矿用输送机、机器人、振动台)	航天 / 军事 (非ITAR 武器) (陆上车辆、无人机)
稳定性	X	X	X
翻新跟踪 / 检测	X	X	X
平整 / 收割	X	-	-

图 3 应用场景

应用场景包括但不限于图3。

特性	最小值	典型值	最大值	单位
供电电压	7	-	32	V
供电电流 (电压为 12V 时)	-	-	350	mA
反向电压	-	-	-18	V
启动时间	-	700	-	ms
工作温度	-40 [-40]	-	85 [185]	°C [°F]
储存温度	-40 [-40]	-	95 [203]	°C [°F]
抗冲击	-	-	30	g
随机振动	-	最大 3.2 g RMS (10 Hz 至 2000 Hz), 三正交平面 32 hr/axis	-	-
热冲击	-40 °C - 105 °C [-40 °F - 221 °F]	热机时间, 30 min; 转移时间少于 10 s, 30 个周期	-	-
湿度	-	95 %RH 至 25 °C 至 55 °C [77 °F 至 131 °F]	-	-
盐雾	-	35 °C [95 °F] 下, 5% 盐水, 96 小时	-	-
化学兼容性	-	柴油、液压油、乙二醇、机油、制动液、尿素、石灰、氮磷钾复合肥、氨水及碱性去污剂	-	-
密封等级	-	IP67, IP69K <sup>1</sup>	-	-
EMI/EMC:	-	CISPR 25, ISO13766	-	-
抗辐射	-	符合 ISO114252-2 (在 200 MHz-1 GHz 下为 100 V/m, 在 1 GHz - 2 GHz 下为 50 V/m) 符合 ISO114252-5 (在 10 MHz - 1 MHz 下为 100 V/m) 符合 ISO114252-4 (在 1 MHz - 400 MHz 下为 100 mA)	-	-
ESD (静电放电)	-	SAE J1113.13 (2004-11), 8 kV 直接接触, 15 kV 空气放电	-	-
CAN 总线标准	-	CAN-29 位	-	-

图 4 注意事项

使用时必须满足注意事项中的技术规格，且  
以下输出均不能够补偿随机偏差，只能补偿实验  
室环境下的确定性偏差：

- 静态和动态下的横摇和俯仰角度
- 加速度计测量输出
- 额定的陀螺仪测量输出