



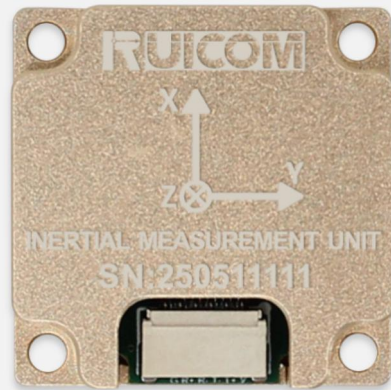
GMU540 IMU 惯性测量单元

产品说明书

V1.2-20260624

技术亮点

- ❖ 测量载体的三轴角速率、三轴加速度以及姿态角；
- ❖ 冲击：100g@11ms、三轴向(半正弦波)；
- ❖ 振动：10~2000Hz, 10g；
- ❖ 供电电压：DC5.0V±0.5V；
- ❖ 工作温度：-40~85℃。



产品介绍

GMU540 惯性导航单元由三轴陀螺仪、三轴加速度计、温度传感器及高精度信号处理电路构成，可实时测量载体的三轴角速度、三轴线性加速度及姿态角（横滚、俯仰、航向），并通过 RS422/RS485 接口按标准通信协议输出经过全温域补偿（含温度漂移校正、安装偏差校准及非线性误差修正）的高精度惯性数据。

该产品采用差分陀螺架构，有效抑制线性加速度干扰与机械振动，并集成宽温域补偿算法，确保在工业级严苛环境下仍具备卓越的稳定性和可靠性

应用范围

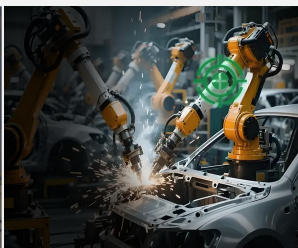
本产品广泛应用于航空航天测控、精准农业自动化、智能交通、工业自动化、系统控制等领域，为各领域提供专业的导航与测控解决方案；核心应用场景如下：

- ❖ 飞机吊舱
- ❖ 工业机器人精确控制
- ❖ 医疗机械设备测控

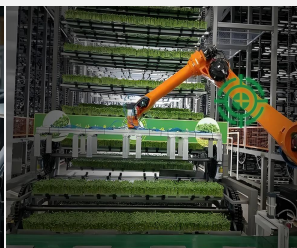
消杀机器人精准作业



工业机器人精准测控



精准农业自动化



航空航天测控



性能参数

GMU540		条件	参数
测量范围		-	横滚 $\pm 180^\circ$, 俯仰 $\pm 90^\circ$, 方位 $\pm 180^\circ$
测量轴		-	X 轴 / Y 轴 / Z 轴
横滚俯仰分辨率 ¹⁾		-	0.01°
横滚俯仰静态精度 ²⁾		@25°C	$\pm 0.05^\circ$
横滚俯仰动态精度(rms)		@25°C	$\pm 0.1^\circ$
陀螺仪	陀螺仪量程	-	$\pm 300^\circ/\text{s}$
	零偏不稳定性(allan)	-	4.5°/h
	角度随机游走系数(allan)	-	0.25°/sqrt(h)
加速度	加速度量程	-	$\pm 4\text{g} / \pm 16\text{g}$ 可设
	零偏稳定性(10s 均值)	-	0.02mg
	零偏不稳定性(allan)	-	0.005mg
	速度随机游走系数(allan)	-	0.005m/s/sqrt(h)
零点温度系数 ³⁾		-40 ~ 85°C	$\pm 0.002^\circ/\text{K}$
灵敏度温度系数 ⁴⁾		-40 ~ 85°C	$\leq 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$
上电启动时间			$\leq 2.0\text{s}$
响应时间			0.01s
输出信号			RS485/RS422 可选
工作电压及电流			5VDC (50mA)
电磁兼容性			依照 EN61000 和 GBT17626
平均无故障工作时间			≥ 99000 小时/次
绝缘电阻			≥ 100 兆欧
抗冲击			100g@11ms、三轴向(半正弦波)
抗振动			10grms、10 ~ 1000Hz
电缆线			10cm 端子线 g
重量			$\leq 10\text{g}$ (含标配端子线)
注意: 横滚, 航向为 $\pm 180^\circ$, 俯仰为 $\pm 90^\circ$ 。			

订购信息

型号	描述
GMU540-422	RS422 输出
GMU540-485	RS485 输出

空间坐标系

右手定则原则一

GMU540 内含三个自由度陀螺仪，代表三个轴向的空间坐标系，即 X、Y 和 Z，X 轴正方向朝前由连接器处指向贴纸中间安装孔，Y 轴正方向朝右指向 IMU 右侧，Z 轴正方向朝下指向 IMU 底面，如右图。

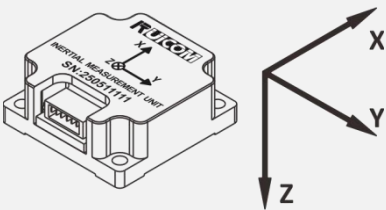


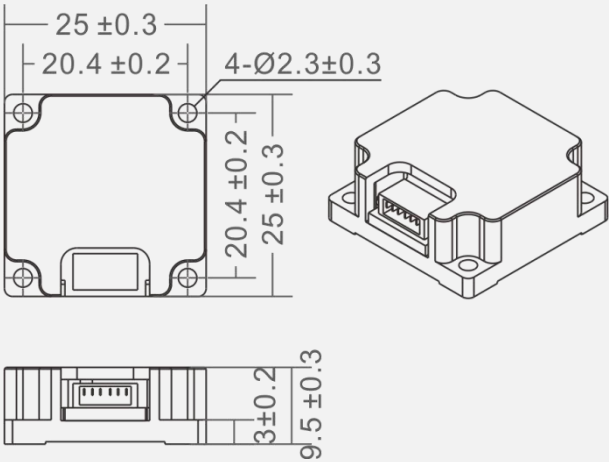
图 1 微陀螺组空间坐标系

GMU540 的安装要与坐标系的轴向匹配，否则测的角速度数据不准确。遵循‘右手定则原则一’，可以快速的分配并确定坐标系的轴向。伸出右手，分别展开拇指、食指和中指，拇指指的方向是 X 轴正向，食指指的方向是 Y 轴正向，中指指的方向是 Z 轴正向。

右手定则原则二

GMU540 三个自由度陀螺仪可测三个方向的角速度。遵循‘右手定则原则二’，可以快速的确 定坐标轴轴向旋转的角速度方向。右手抓住旋转轴，并伸出拇指，拇指指的方向是该轴正方向， 则其它四指弯曲指向的方向就是该轴上角速度正方向；反之，右手抓住旋转轴，并伸出拇指，拇 指指的方向是该轴负方向，则其它四指弯曲指向的方向就是该轴上角速度负方向。

产品尺寸

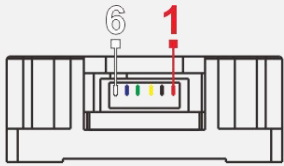


外壳尺寸：L25×W25×H9.5mm

建议螺丝：4 颗 M2 螺丝

引脚定义

引脚	线色	422 引脚定义	485 引脚定义
PIN1	红	电源正极 DC5V	电源正极
PIN2	黑	RS422Y_TXD+	NC
PIN3	黄	RS422Z_TXD-	NC
PIN4	绿	RS422B_RXD-	RS485_B
PIN5	蓝	RS422A_RXD+	RS485_A
PIN6	白	电源负极 GND	GND



 输出协议

1. 通信帧格式

1.1 通讯帧格式

域	字节数	说明	值
帧同步字节	1	Sync.byte	0xFF
帧开始字节	1	Start of byte	0x02
CMD 命令域	1	Command	-
LEN 长度	2	Length of the DATA	-
DATA 数据域	0 to 504	DATA	-
CRC	2	CRC	-
帧结束字节	1	End of Tx byte	0x03

Notes:

- A. LEN 数据长度域包括数据域(Data)的字节数, MSB 在前, LSB 在后, 长度为 0 表示没有数据域, 最长数据域长度为 504 字节, 最长帧字节为 512 个字节。
- B. CRC 的计算从 CMD 命令域开始, 包括长度域及数据域, MSB 在前, LSB 在后, 按以下函数计算 CRC:

```
uint16 calcCRC(const uint8 *pBuffer, uint16 bufferSize)
{
    uint16 poly = 0x8408;
    uint16 crc = 0;
    uint8 carry;
    uint8 i_bits;
    uint16 j;

    for (j=0; j<bufferSize; j++)
    {
        crc = crc ^ pBuffer[j];
        for (i_bits=0; i_bits<8; i_bits++)
        {
            carry = crc & 1;
            crc = crc / 2;
            if (carry)
            {
                crc = crc^poly;
            }
        }
    }
    return crc;
}
```

1.2 数据格式及端模式

设备的数据输出为小端模式(如整型, 浮点型, 都是低字节在前, 高字节在后)。

1.3 串口默认

串口默认波特率为 115200 bps, 1 位起始位, 1 stop 位, 无校验。

1.4 默认输出频率是 200Hz。

2. 连续数据项输出

* IMU_CONTINUOUS_DEFAULT_OUTPUT-----(0x90)

作用：数据项连续输出。

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	See below	1	1	1
0xFF	0x02	0x90	0x00	0x24	See below	0xFF	0xFF	0x03

Data 部分如下 (total length: 0x0018):

Name	Roll	Pitch	Yaw	Gx	Gy	Gz	Ax	Ay	Az
Size (bytes)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	12			12			12		

姿态角包括 Roll, Pitch 和 Yaw, 用 real32(float) 表示, 12 个字节, 单位是 radians(弧度).

存储格式:

Roll	Pitch	Yaw
------	-------	-----

三轴陀螺角速率 Gx, Gy 和 Gz, 用 real32(float)表示, 12 个字节, 单位是 rad.S⁻¹(弧度/秒)。

存储格式:

Gx	Gy	Gz
----	----	----

三轴加速度 Ax, Ay 和 Az, 用 real32(float)表示, 12 个字节, 单位是 m.S⁻²。

存储格式:

Ax	Ay	Az
----	----	----

例: FF 02 90 00 24 BD C9 DC 3B 69 27 65 3B 1C D9 56 3F C0 C2 10 BA C0 4A B8 37 B5 6F E1 B9 F1 31 18 3D 6E 86 82 BD 6C 65 1D C1 D0 2C 03

数域名	real32	float	unit
Roll	BD C9 DC 3B	0.006738	弧度
Pitch	69 27 65 3B	0.003497	弧度
Yaw	1C D9 56 3F	0.839250	弧度
Gx	C0 C2 10 BA	-0.000552	弧度/秒
Gy	C0 4A B8 37	0.000022	弧度/秒
Gz	B5 6F E1 B9	-0.000430	弧度/秒
Ax	F1 31 18 3D	0.037157	m.S ⁻²
Ay	6E 86 82 BD	-0.063733	m.S ⁻²
Az	6C 65 1D C1	-9.837261	m.S ⁻²

3. 输出模式设置

输出工作方式。

Mode 有两种方式, 如下两种:

IMU_NORMAL_MODE(正常工作模式或叫一问一答模式) : 0x00

IMU_CONTINUOUS_MODE (连续输出模式) :0x01

其中 CONTINUOUS_MODE (连续输出模式) 有不同的 Divider 值, 对应以下不同的输出频率:

Divider	OUT(Hz)
0	INVALID
1	200
2	100
4	50
8	25
10	20
20	10
40	5
200	1

注：默认为 IMU_CONTINUOUS_MODE(连续输出模式)，频率 200Hz。

3.1 设置输出命令

* IMU_SET_CONTINUOUS_MODE-----(0x53)

作用：设置输出模式；

注意：不具备掉电保存功能，须执行保存设置命令才有掉电保存功能。

帧格式如下：

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	3	1	1	1
0xFF	0x02	0x53	0x00	0x03	如下	0xFF	0xFF	0x03

其中：DATA 部分

DATA		
Reserved.Leave to 0(bytes)	Mode	Divider
1	1	1
0	1	1

注意：以上 Mode = 1, 为连续输出，Divider = 1, 输出频率为：200Hz.

回复：

IMU_ACK

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	1	1	1	1
0xFF	0x02	0x01	0x00	0x01	ERROR_CODE	0xFF	0xFF	0x03

4. 通信参数设置

波特率 (baud rate) 是一个 32 位的整数, 有效的值有以下: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 256000, 460800。

4.1 设置波特率

* IMU_SET_PROTOCOL_MODE----- (0x12)

作用：用于设置通信波特率；（默认为 115200）

注意：不具备掉电保存功能，须执行保存设置命令才有掉电保存功能。

帧格式如下:

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	5	1	1	1
0xFF	0x02	0x12	0x00	0x05	如下	0xFF	0xFF	0x03

其中: DATA 部分

DATA	
Reserved.Leave to 0(bytes)	Baud rate (uint32)
1	4
0	115200

注意: Baud rate(uint32)为小端模式, 低字节在前, 高字节在后。

回复:

IMU_ACK

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	1	1	1	1
0xFF	0x02	0x01	0x00	0x01	ERROR_CODE	0xFF	0xFF	0x03

5. 保存设置

5.1 设置保存命令

* IMU_SAVE_SETTINGS-----(0x24)

作用: 用于保存所有的设置参数到 EEPROM, 具有掉电保存功能。没有数据域, 帧格式如下:

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	0	1	1	1
0xFF	0x02	0x24	0x00	0x00	NULL	0xFF	0xFF	0x03

回复:

IMU_ACK

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	1	1	1	1
0xFF	0x02	0x01	0x00	0x01	ERROR_CODE	0xFF	0xFF	0x03

备注: EEROR CODE 参考 6 内容;

6. 应答帧解析

应答帧格式如下:

域	帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
字节数	1	1	1	1	1	1	1	1	1
值	0xFF	0x02	IMU_A CK (0x01)	0x00	0x01	ERROR CODE	0xFF	0xFF	0x03

应答作为命令的回复，由错误代码反映指令的执行情况，有以下应答的错误代码 (ERROR CODE) 决定设备对询问指令的响应，以下为错误代码的列表；

IMU_Error Code	Value	Description
IMU_NO_ERROR	0x00	命令已正确执行
IMU_ERROR	0x01	命令没有正确执行
IMU_INVALID_FRAME	0x04	无效的命令
IMU_INVALID_PARAMETER	0x09	无效的参数

备注：错误代码组成了帧的数据域(DATA)。

7. 查询数据项（当输出模式 Mode = 0，一问一答模式时）

* IMU_GET_DEFAULT_OUTPUT-----(0x56)

作用：获取当前默认的输出数据项。

帧格式如下：

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	0	1	1	1
0xFF	0x02	0x56	0x00	0x00	NULL	0xFF	0xFF	0x03

回复：

*IMU_RET_DEFAULT_OUTPUT-----(0x57)

作用：返回默认的数据项输出。

帧格式如下：

帧同步 字节	帧开始 字节	CMD	LEN (MSB)	LEN (LSB)	DATA	CRC (MSB)	CRC (LSB)	帧结束 字节
1	1	1	1	1	36	1	1	1
0xFF	0x02	0x57	0x00	0x24	See below	0xFF	0xFF	0x03

Data 部分如下（total length: 0x0024）:

Name	ROLL	PITCH	YAW	Gx	Gy	Gz	Ax	Ay	Az
Size (bytes)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	12			12			12		

 功能性测试

1. 所需测试设备和仪表

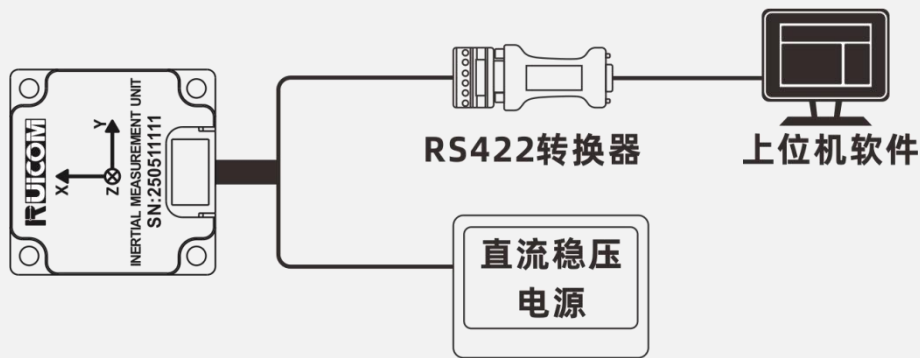
测试中所需设备和仪表有：直流稳压电源、计算机、转台、测试工装、测试电缆。

2. 功能性测试

产品处于静止状态，使用直流稳压电源为产品供电，产品具体连线方式如下图。按照通讯协议接收数据，用上位机接收软件接收并显示产品的角速度输出。

分别绕 X、Y、Z 正向旋转陀螺组合（有条件时，可以用转台输入，无条件时，可以用手旋转），可以监测到相应轴的角速度输出为正向角速率。分别绕 X、Y、Z 反向旋转产品，可以监

测到相应轴的角速度输出为负向角速率。说明产品的角速度输出极性正确。在静止条件下，产品输出的三个角速率值应在 0deg/s 附近。



陀螺组合测试连接示意图

 使用维护要求

使用前，必须检查系统安装位置，保证安装正确。仔细检查各信号线的连接，保证连接正确。
加电前，应对电缆网接点、电源的数值进行检查，电源极性禁止反接。
使用中，系统机械地应保证良好接地。
本产品内含精密仪器，禁止磕碰跌落。
本品应存放在温度为-40 ~ +85℃，相对湿度不大于 75%，且无酸碱无腐蚀性气体并通风良好的库房中。

 测试数据图表

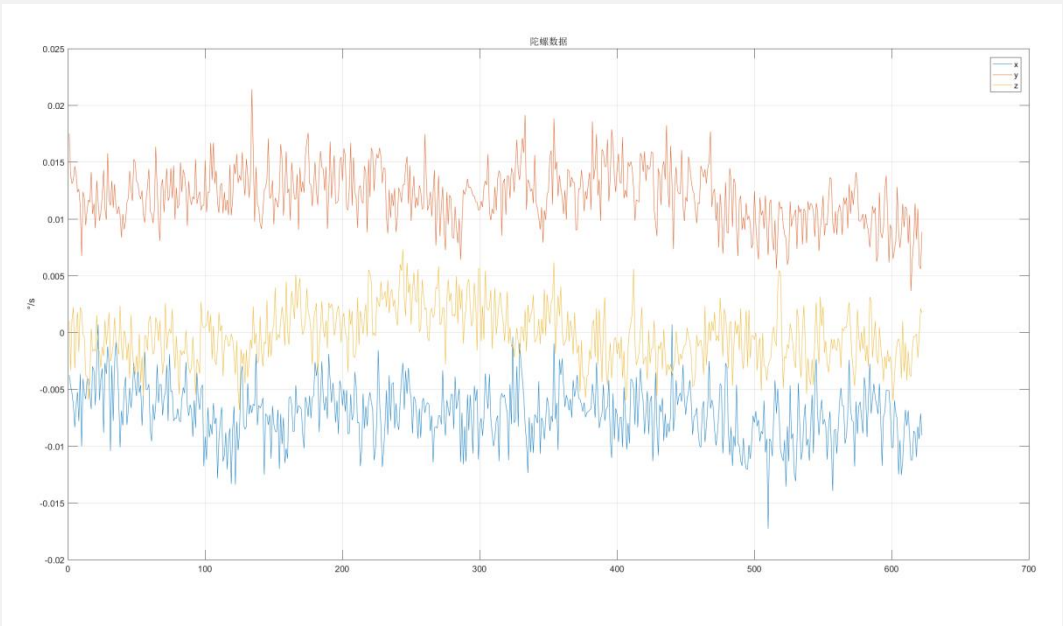


图 1. 静态陀螺数据 200Hz

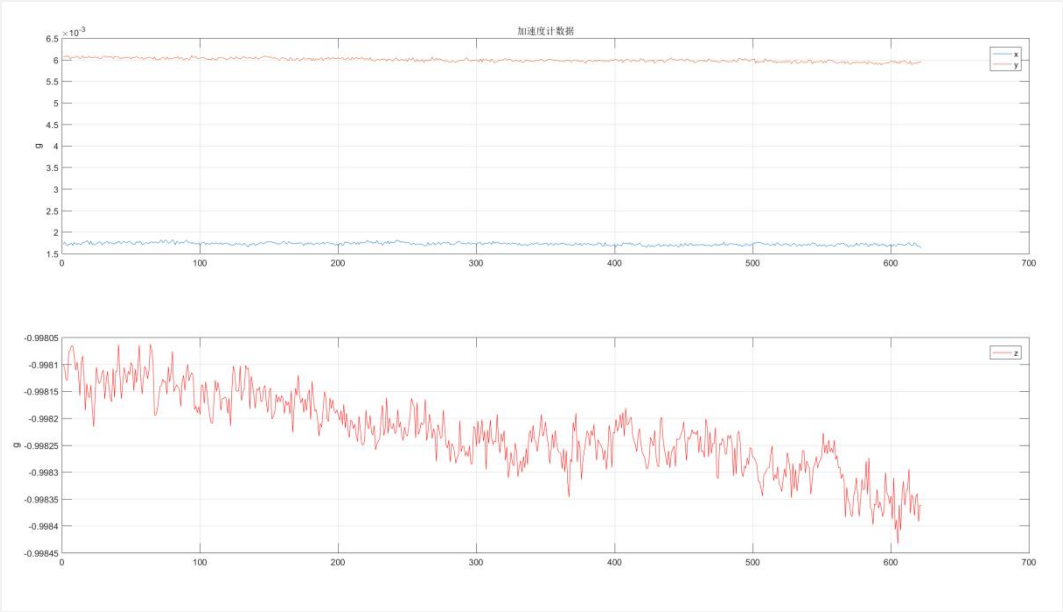


图 2. 静态加速度计数据 200Hz

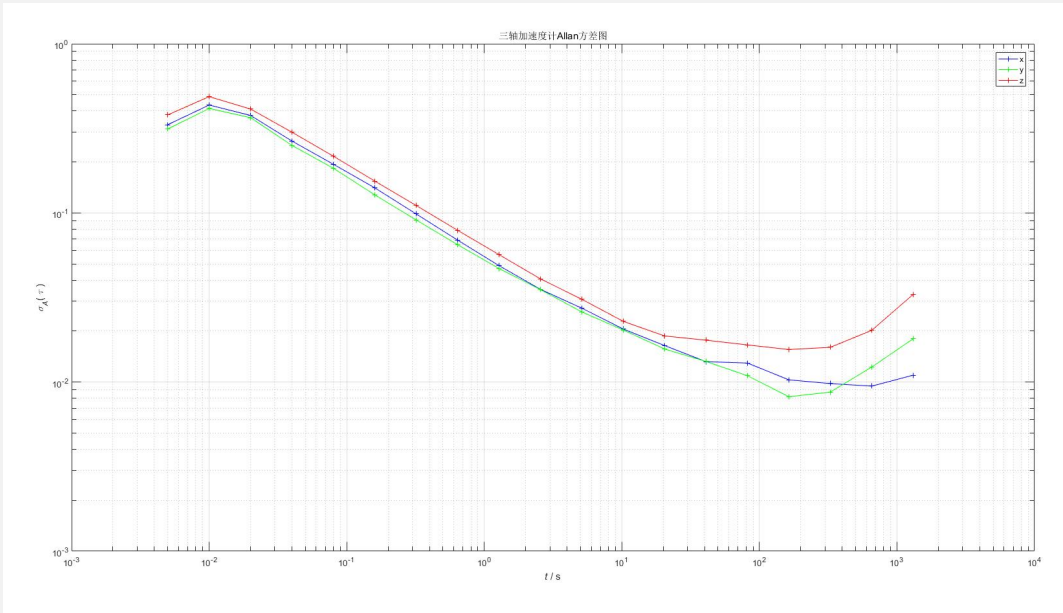


图 3. 三轴加速度计 Allan 方差图

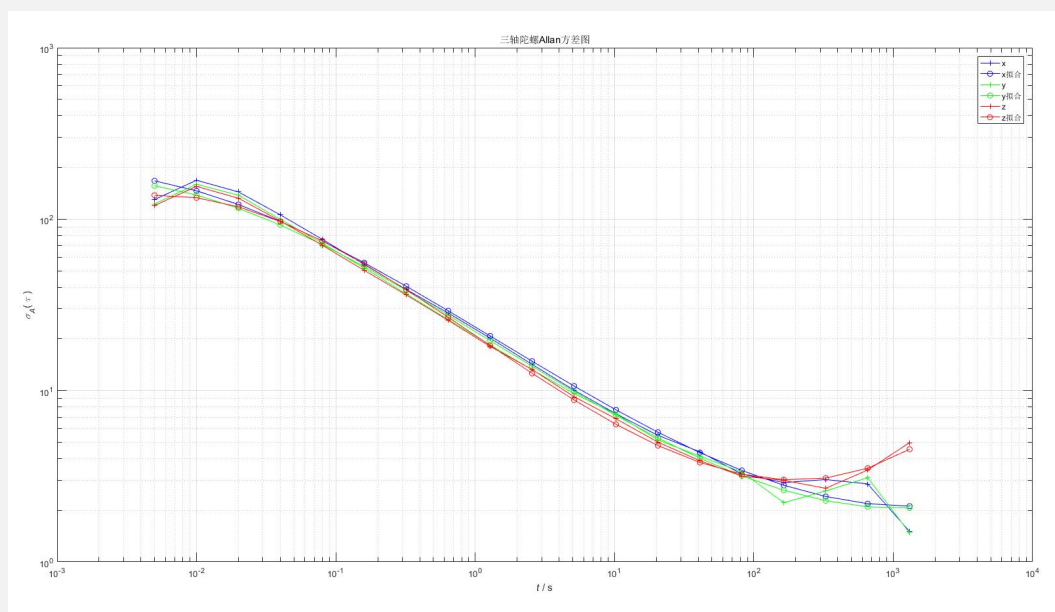


图 4. 三轴陀螺 Allan 方差图