GMU540　IMU 惯性测量单元

产品说明书

V1.3-20261021

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±180°，俯仰±90°，方位±180°
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℃	±0.05°
横滚俯仰动态精度(rms)		@25℃	±0.1°
陀螺仪	陀螺仪量程	-	±300°/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	-	±4g / ±16g 可设（出厂默认±4g）
	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℃	±0.002°/K
灵敏度温度系数 4)		-40～85℃	≤100ppm/℃
上电启动时间		≤2.0S	
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	
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		19cm 端子线≤7g	
重量		≤12g	
			注意：横滚，航向为±180°， 俯仰为±90°。

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。

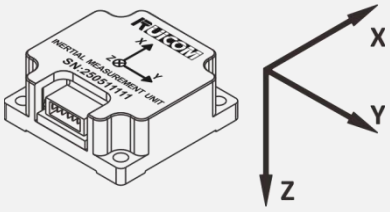


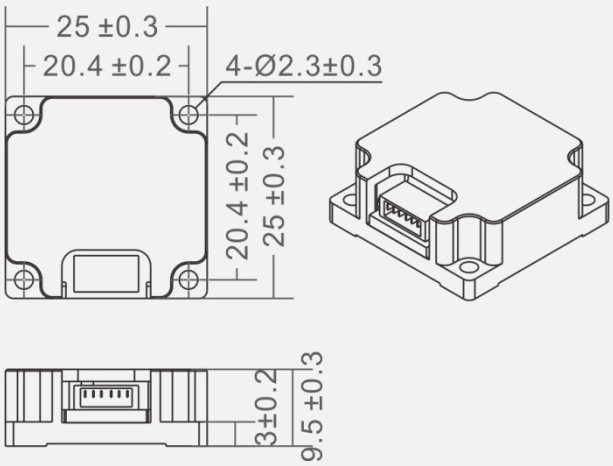
图 1 微陀螺组空间坐标系

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

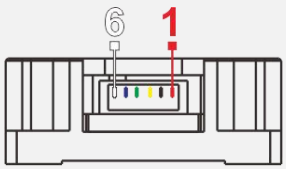


外壳尺寸：L25×W25×H9.5mm

建议螺丝：4 颗 M2 螺丝

引脚定义

针脚	线色	422 针脚定义	485 针脚定义
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	0xXX	0xXX	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_CONTLNUOUS_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	0xXX	0xXX	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	0xXX	0xXX	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	0xXX	0xXX	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	0xXX	0xXX	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	0xXX	0xXX	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	0xXX	0xXX	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_ACK (0x01)	0x00	0x01	ERROR CODE	0xXX	0xXX	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	0xXX	0xXX	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	0xXX	0xXX	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

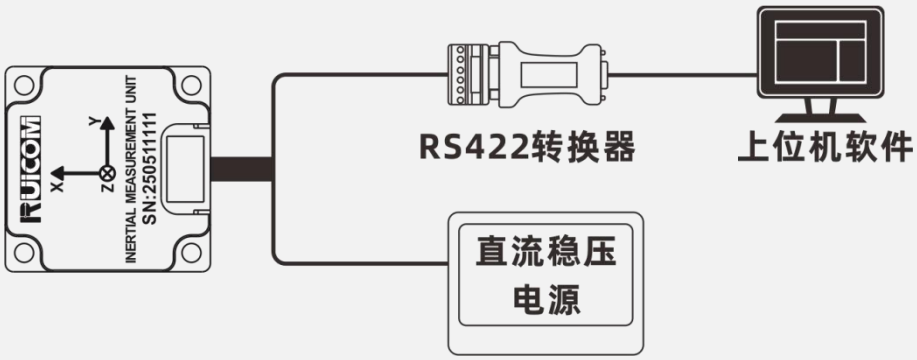
测试中所需设备和仪表有：直流稳压电源、计算机、转台、测试工装、测试电缆。

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

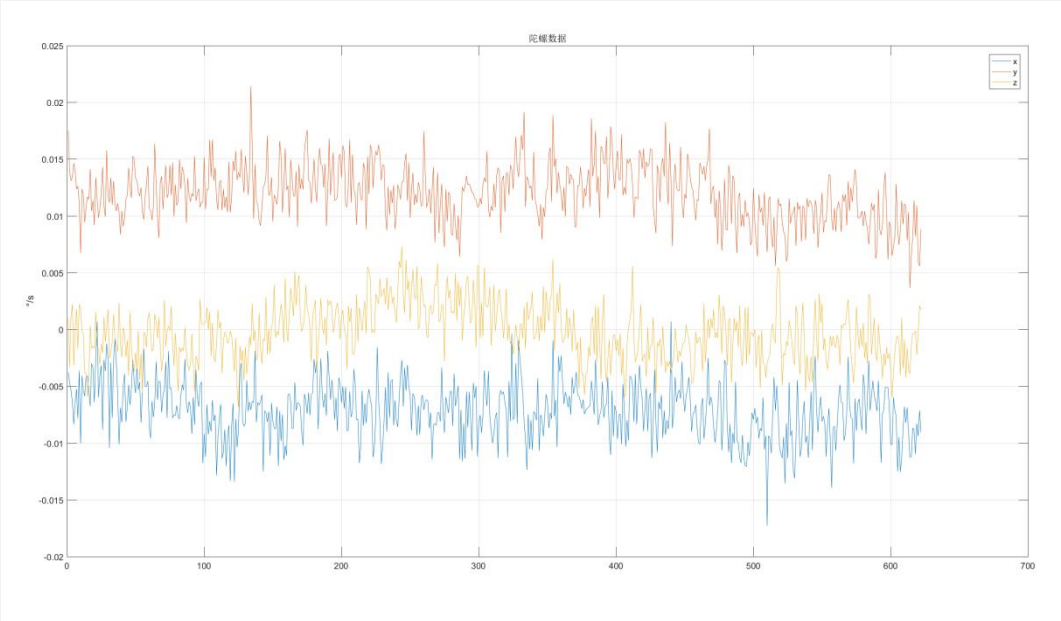


图 1. 静态陀螺数据 200Hz

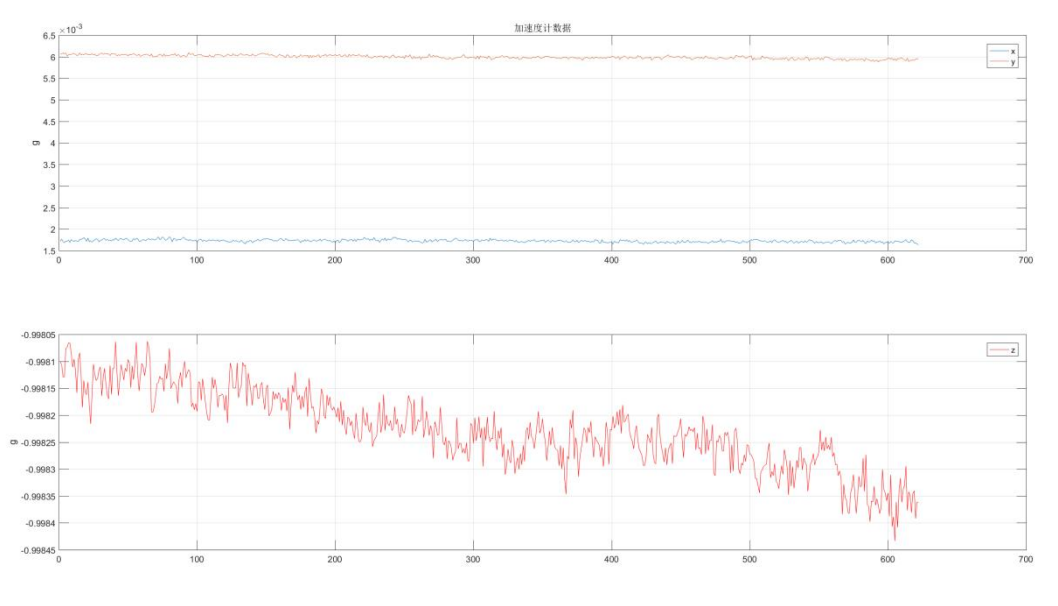


图 2. 静态加速度计数据 200Hz

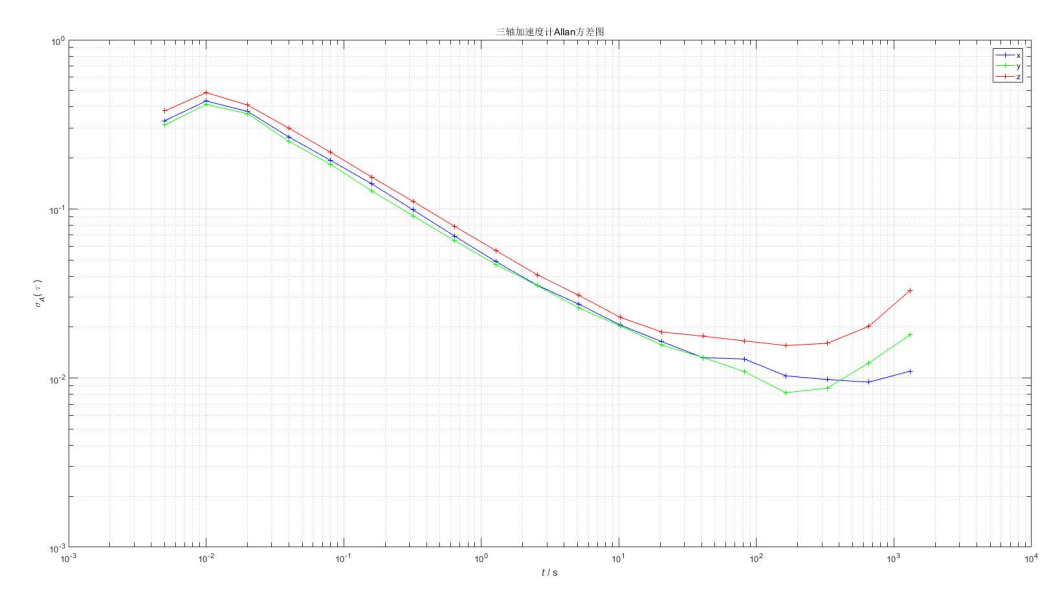


图 3. 三轴加速度计 Allan 方差图

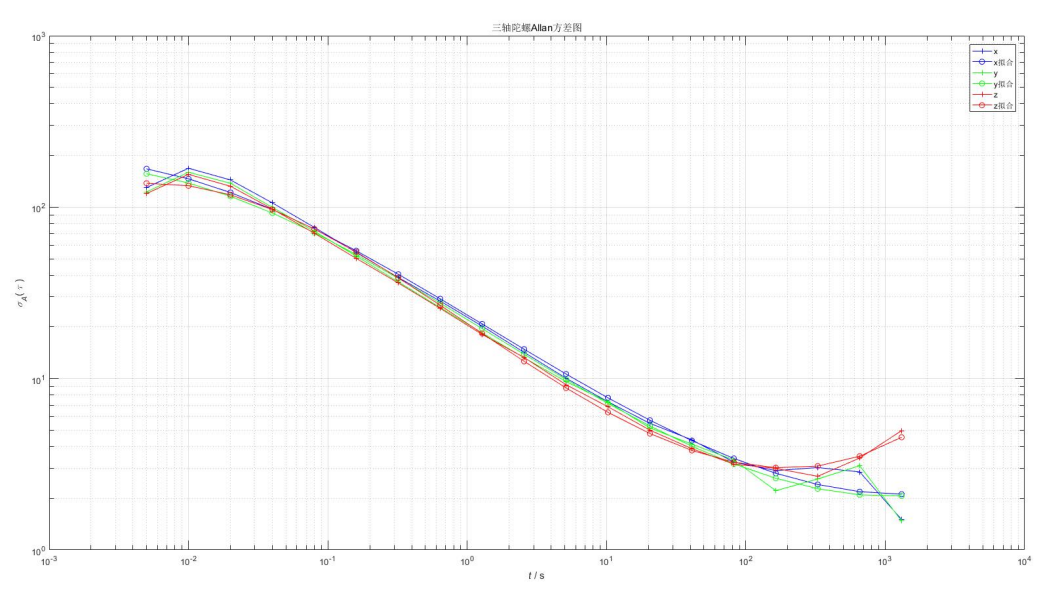


图 4. 三轴陀螺 Allan 方差图