

.....



版本号 V3.2

IMU6-1

惯性测量单元使用说明书

本使用说明书是 IMU6-1 使用操作的主要依据文件, 主要依据《IMU6-1 惯性测量单元技术协议》和《惯性测量单元和三轴陀螺组合技术条件》编写。

IMU6-1 系列惯性测量单元可以根据用户要求更改惯性传感器的测量精度和测量范围。

1、产品功能和技术参数

1.1 组成与功能

惯性测量单元由三轴陀螺、三轴加表、三轴倾角（默认无此传感器）、温度传感器、信号处理板、结构及必要的软件组成，用于测量载体的三轴角速率，三轴加速度以及三轴倾角，通过 RS-422 串口按照约定通讯协议输出经过误差补偿（包括温度补偿、安装失准角补偿、非线性补偿等）的陀螺、加表和倾角数据。

1.2 主要技术参数

1.2.1 陀螺仪技术指标

参数	单位	测试条件	IMU6-1	IMU6-1A	IMU6-1B	IMU6-1C	IMU6-1F
测量范围	°/s		±400	±400	±400	±2000	±300
零偏不稳定性	°/h	Allan 方差	0.3	0.1	0.05	1	0.05
零偏稳定性	°/h	10s 平滑, rms, 常温	3	2	0.4	6	0.2
全温零偏变化	°/h	10s 平滑, rms, 变温率 1°C/min	20	10	2	30	1
随机游走	°/√h	Allan 方差	0.15	0.05	0.02	0.3	0.02
零偏重复性	°/h	Q=6, 常温	3	1	0.3	3	0.2
零偏加速度敏感度	°/h/g	±1g 下测试	2	2	2	2	1
分辨率	°/h		2	1	0.5	5	2
输出噪声	°/s	峰值 (半峰,std*3)	0.3	0.25	0.15	0.45	0.03
标度因数非线性	ppm		常温		100		
标度因数重复性	ppm		Q=3, 常温		100		
交叉耦合	%		常温		0.1		
带宽	Hz				≤125		

1.2.2 加表技术指标

参数	单位	测试条件	IMU6-1-1	IMU6-1-2	IMU6-1-3	IMU6-4-4
测量范围	g		±10	±40	±80	±10
零偏稳定性	mg	10s 平滑, rms, 常温	0.05	0.2	1	0.05
全温零偏变化	mg	10s 平滑, rms, 变温率 1°C/min	2	2	5	1
零偏重复性	mg	Q=6, 常温	0.2	1	0.5	0.3
分辨率	mg		0.1	0.1	0.1	0.1
标度因数非线性	ppm	常温	500			
标度因数重复性	ppm	Q=3, 常温	500			
交叉耦合	%	常温	0.1			
带宽	Hz			125		

1.2.3 倾角技术指标

参数	单位	IMU6-1y-x
测量范围	g	±1.7
零偏稳定性(1s 平滑)	mg	0.5
标度因数非线性	ppm	500

1.2.4 电气特性

参数	单位	IMU6-1y
电压	V	+5±0.5
启动电流	mA	< 400
稳态功耗	W	< 1.2
波纹	mV	100

1.2.5 环境适应性

参数	单位	IMU6-1y-x
工作温度	°C	-45~85
储存温度	°C	-55~105

1.2.6 其它

参数	单位	IMU6-1y-x
重量	g	55±5
启动时间	s	1

2、空间坐标系

2.1 右手定则原则一

惯性测量单元内含三个轴向的空间坐标系，即 X、Y 和 Z，X 轴指向电气连接接口方向，Y 轴指向惯组左侧，Z 轴指向惯组顶面，如图 2-1。

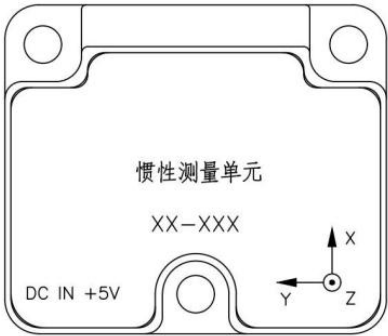


图 2-1 惯组空间坐标系

惯组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 轴向，食指指的方向是 Y 轴向，中指指的方向是 Z 轴向，如图 2-2。

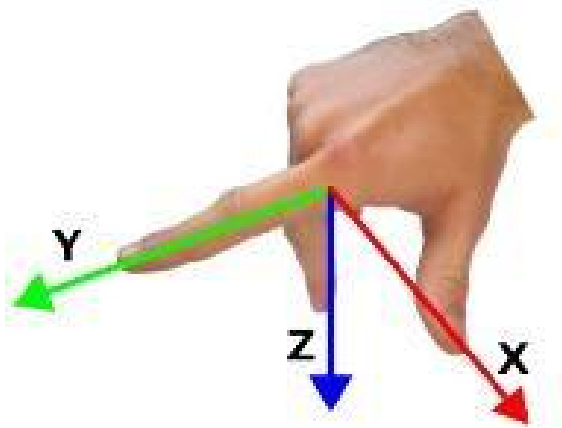


图 2-2 右手定则原则一

2.2 右手定则原则二

惯组中的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。伸出右手，展开拇指，拇指指的方向是轴向，其它四指弯曲指向的方向就是拇指指的轴向旋转的角速度方向，如图 2-3。

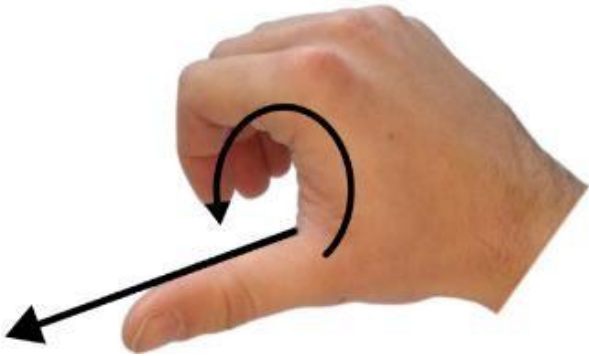


图 2-3 右手定则原则二

3、外形尺寸、刻字及安装

3.1 外形尺寸

IMU6-1 惯组的外形图，见图 3-1。

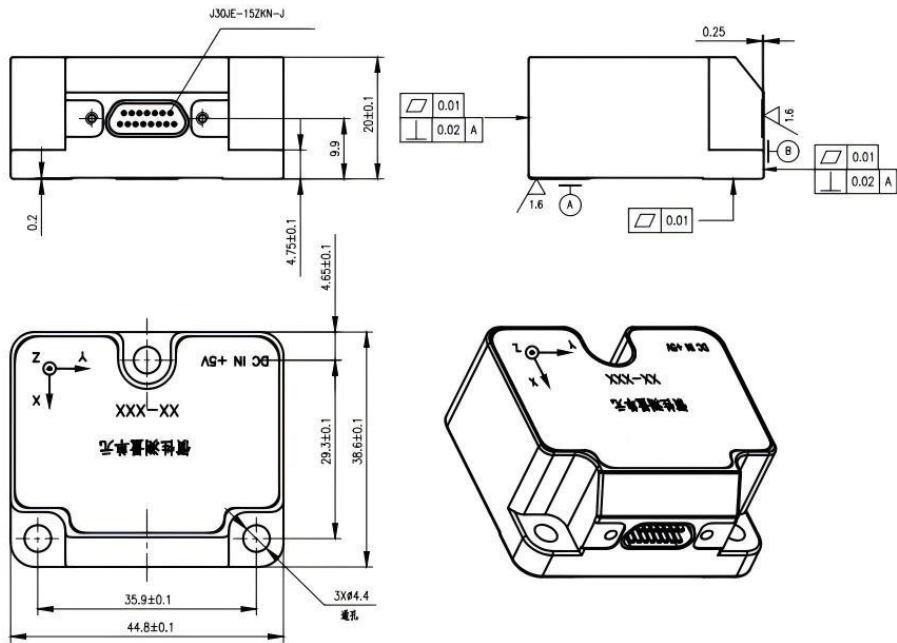


图 3-1 惯性测量单元外形图

图中“IMU6-1y”为产品代号，根据公司产品命名规则，IMU6-1y 中“y”可以为“A”、“B”、“C”等或无字母，以区别性能指标要求不同。“XX-XXX”为产品编号。

IMU6-1y 惯组通过 3 个Φ4.4 的通孔安装，采用 3 个 M4 螺钉（加弹垫、平垫）进行安装。接

插件安装时，插头应与插座锁紧，电缆应固定。图中①、② 为惯组的安装基准面。
建议与基准面相对的安装面平面度不大于 0.01mm，垂直度不大于 0.02mm，表面粗糙度不大于 0.8μm。

3.2 刻字要求

产品外壳上的刻字默认要求如下：
按图 3-1 产品外形图所示，产品代号、名称、编号字高 2.5mm，"DC IN+5V" 和坐标轴"X、Y、Z" 字高 2mm。其中 "XX-XXX" 为产品编号。
如有特殊刻字要求，请在说明书或技术协议中明确。

3.3 推荐安装方式

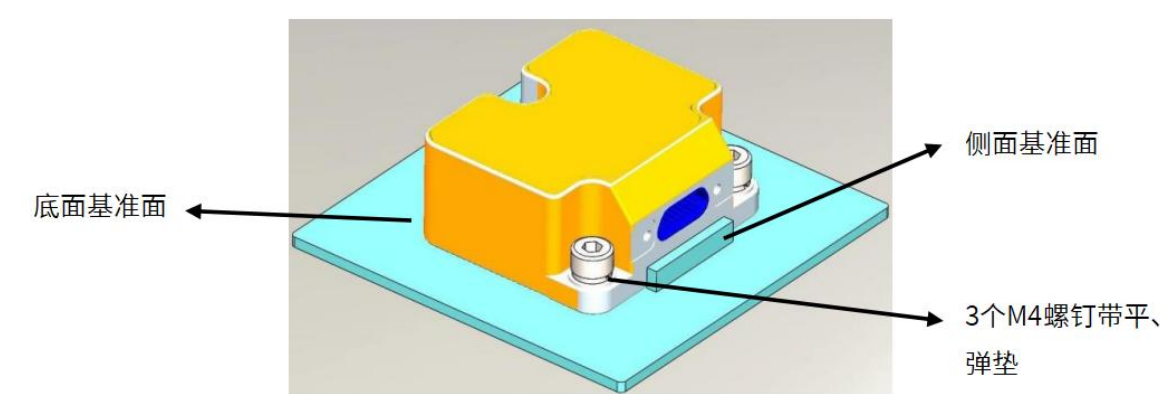


图 3-2 产品推荐安装方式

4、电气特性

4.1 电气接口

IMU6-1y 惯组的电气连接器型号为 J30JE-15-ZKN-J，接点具体分配见下表 4-1 和图 4-1。产品默认使用 RS422 接口通讯。

表 4-1 J30JE-15ZKN-J 接点分配

接点号	针脚定义	类型	说明
1	TxD-	OUTPUT	产品 RS422 输出接口负端
2	RxD-	INPUT	产品 RS422 接收接口负端
4	TOV	OUTPUT	同步信号(1)
5	NRST	INPUT	复位信号(2)
8	VSUP	SUPPLY	产品供电正端，直流稳压电源
9	TxD+	OUTPUT	产品 RS422 输出接口正端
10	RxD+	INPUT	产品 RS422 接收接口正端
11	ExtTrig	INPUT	外部触发源(3)
12、13、15	GND	SUPPLY	产品地，电源地和串口地
3、6~7、14	厂家预留	/	/

注意：

- (1)同步信号根据需求特别配置，默认的惯组无此配置，需悬空。
- (2)复位信号根据需求特别配置，默认的惯组无此配置，需悬空。
- (3)外部触发源根据需求特别配置，默认的惯组无此配置，需悬空。

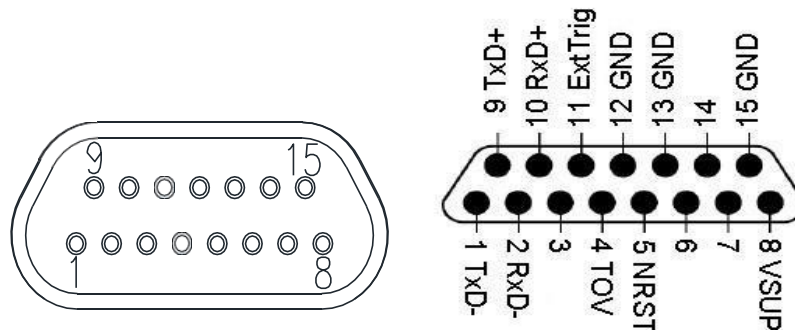


图 4-1 接插件节点配置图(从产品外看)

4.2 电气接口连接

IMU6-1y 惯组的使用非常简单。如果不需要特别配置的附加功能，惯组上电后 1s 左右，会通过 RS422 通讯接口协议发送数据。图 4-2 是 IMU6-1y 惯组的简单互连接线图。

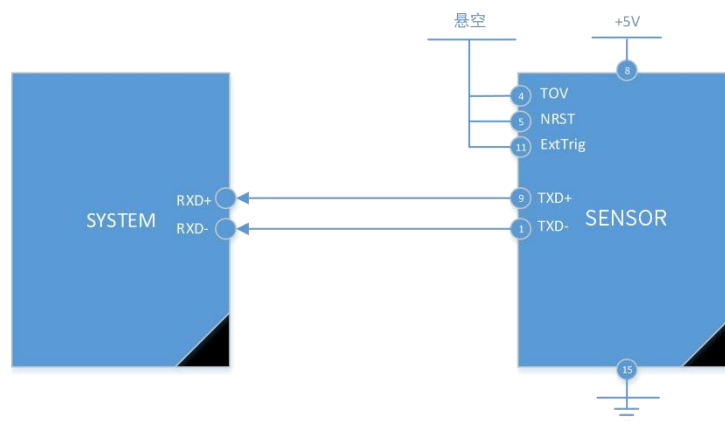


图 4-2 电气连接 1

如果要使用 IMU6-1y 惯组的所有功能，需要按照图 4-3 与惯组互连接线。

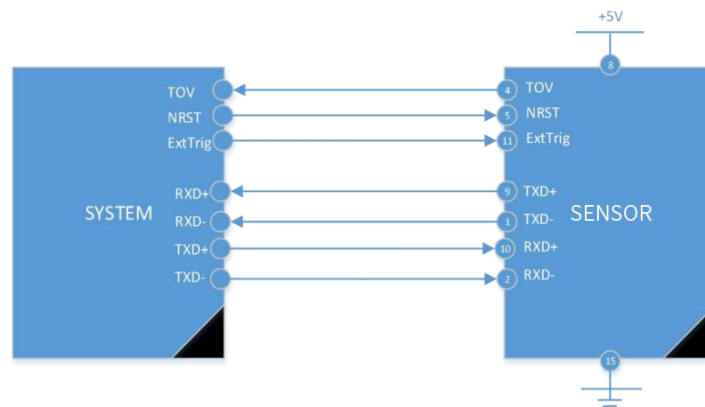


图 4-3 电气连接 2

4.3 附加功能一：复位

IMU6-1y 惯组有一个独立的数字输入引脚(NRST)，如果惯组完成了特定的配置，能够在不重新上电的条件下复位 IMU6-1y。NRST 信号的触发方式可根据需求特别定义。

4.4 附加功能二：外部触发

IMU6-1y 惯组有一个独立的数字输入引脚(ExtTrig)，如果惯组完成了特定的配置，当收到外部触发源信号并产生中断，能够通过 RS422 通讯接口协议发送数据，发送数据的频率同步 ExtTrig 信号频率。但是有两种特殊情况，发送数据不受外部触发源的影响：

a) 在正常模式下，给惯组发送指令‘C’，测试 RS422 接口，惯组将传送配置数据流，不受外部触发源的影响。

b) 在上电初始化状态，惯组发送初始化状态数据，不受外部触发源的影响。图 4-4 是外部触发源发送数据的时序图，惯组的采样频率是 1000Hz，外部触发源不得高于采样频率，Latency 是触发数据发送延迟。

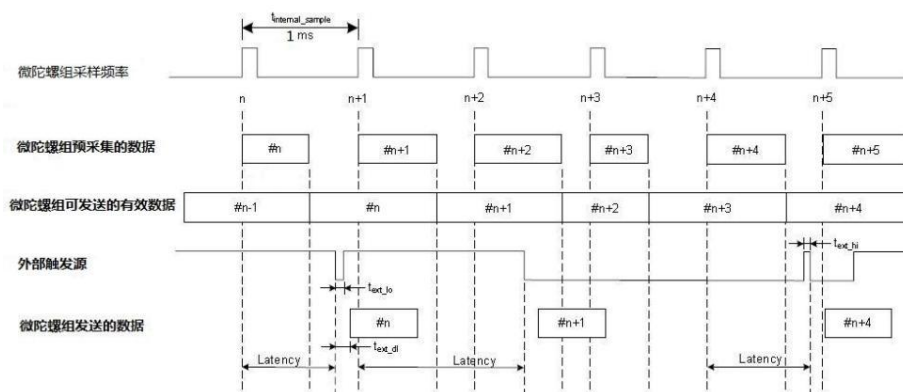


图 4-4 外部触发时序图

4.5 附加功能三：同步

IMU6-1y 惯组有一个独立的数字输出引脚(TOV)，如果惯组完成了特定的配置，可以输出特定频率的信号，可以提供一个同步信号。图 4-5 是不含外部触发源的同步时序图，图 4-6 是含外部触发源的同步时序图，采样频率都是 1000Hz。

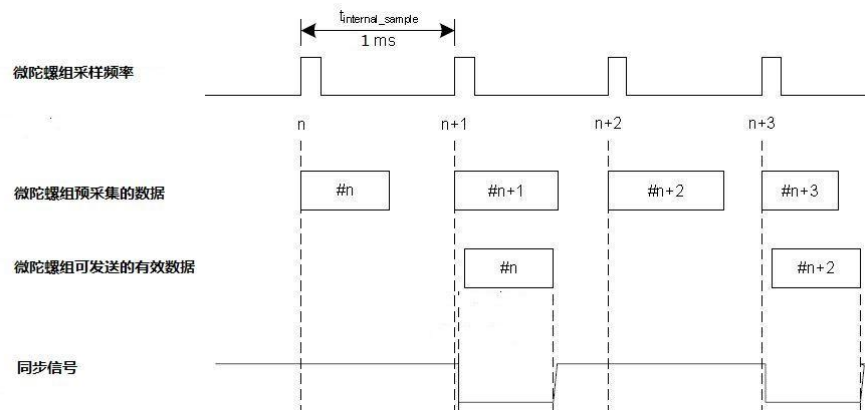


图 4-5 同步信号时序 1

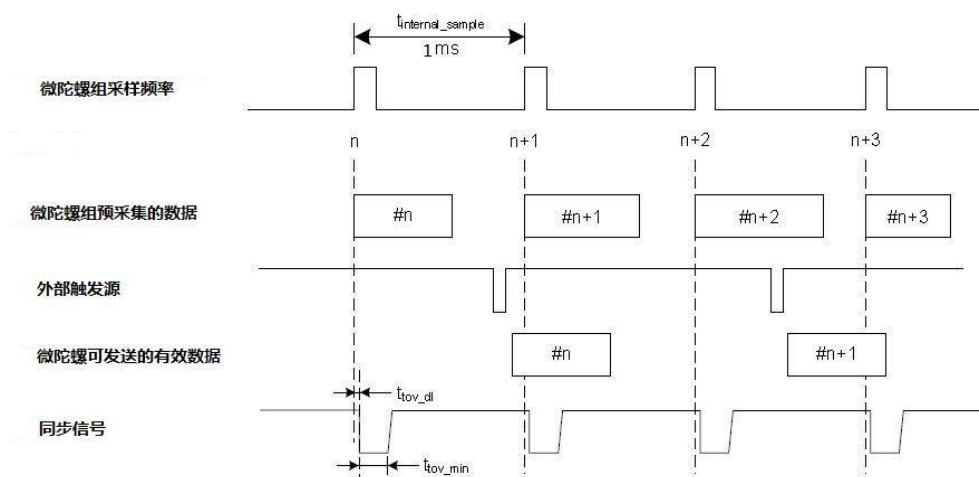


图 4-6 同步信号时序 2

5、通讯接口

5.1 可配置参数

产品通讯协议见下表 5-1。

表 5-1 产品可配置参数表

参数	配置值		说明
数据帧	‘陀螺’ 数据帧 (ID=0x90) ‘陀螺 + 加表’ 数据帧 (ID=0x91) ‘陀螺 + 倾角’ 数据帧 (ID=0x92) ‘陀螺 + 加表 + 倾角’ 数据帧 (ID=0x93) ‘陀螺 + 温度’ 数据帧 (ID=0x94) ‘陀螺 + 加表 + 温度’ 数据帧 (ID=0xA5) ‘陀螺 + 倾角 + 温度’ 数据帧 (ID=0xA6) ‘陀螺 + 加表 + 倾角 + 温度’ 数据帧 (ID=0xA7)		具体数据帧格式参见 5.3 节, 可以任选其一发送。 数据帧、波特率和更新率的关系见表 5-2
RS422 波特率	460800bps 921600bps		波特率限制条件, 请参照表 5-2
RS422 校验位	NONE (无校验) ODD (奇校验) EVEN (偶校验)		
RS422 停止位	位 位		
低通滤波器带宽	-3dB 频率	群延迟 (ms)	滤波器设置独立于数据更新率。 低通滤波器为二阶 IIR。
	16Hz	23.4	
	33Hz	11.7	
	66Hz	5.9	
	131Hz	3.0	
	262Hz	1.6	

数据更新率	125Hz 250Hz 500Hz 1000Hz	数据更新率限制条件，请参照表 5-2
恢复出厂设置	恢复出厂设置 恢复出厂设置并保存	

5.2 通讯接口

通过串行通信接口与处理电路单元通信，采用 RS-422 标准。传输波特率和数据更新率都能够通过软件配置，表 5-2 是传输波特率对应的最大数据更新率。

产品缺省状态下，通讯协议为：波特率 921600bps，8 位数据位，1 位停止位，无校验位，0xA5 数据帧，更新率 1000Hz。

表 5-2 最大数据更新率

数据帧格式	波特率	460800 bit/s	921600 bit/s
‘陀螺’ 数据帧(0x90)		2000Hz	2000 Hz
‘陀螺 + 加表’ 数据帧(0x91)		1000 Hz	1000 Hz
‘陀螺 + 倾角’ 数据帧(0x92)		1000 Hz	1000 Hz
‘陀螺 + 加表 + 倾角’ 数据帧(0x93)		1000 HZ	1000 Hz
‘陀螺 + 温度’ 数据帧(0x94)		1000 Hz	1000 Hz
‘陀螺 + 加表 + 温度’ 数据帧(0xA5)		500 Hz	1000 Hz
‘陀螺 + 倾角 + 温度’ 数据帧(0xA6)		500 Hz	1000 Hz
‘陀螺 + 加表 + 倾角 + 温度’ 数据帧(0xA7)		500 Hz	1000 Hz

5.3 数据帧格式

每个周期惯组发送数据帧，数据格式可以参照配套的上位机使用说明书配置对应的数据帧格式，所有格式见下表。

表 5-2 ‘陀螺’ 数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0x90	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位： /s，先高后低，第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
3	Y 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位： /s，先高后低，第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位： /s，先高后低，第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常，具体定义见表 5-10。

6	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
7	延时		2		单位: us, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
8	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

表 5-3 ‘陀螺 + 加表’ 数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0x91	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
3	Y 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
6	X 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
7	Y 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
8	Z 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
9	加表状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
10	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
11	延时		2		单位: us, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
12	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

表 5-4 ‘陀螺 + 倾角’ 数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0x92	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
3	Y 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
6	X 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
7	Y 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
8	Z 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
9	倾角状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
10	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
11	延时		2		单位: us, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
12	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

表 5-5 ‘陀螺 + 加表 + 倾角’ 数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0x93	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	

3	Y 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
6	X 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
7	Y 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
8	Z 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
9	加表状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
10	X 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
11	Y 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
12	Z 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
13	倾角状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
14	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
15	延时		2		单位: us, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
16	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

表 5-6 ‘陀螺 + 温度’ 数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0x94	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
3		[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位

	Y 轴角速度	[-2000, 2000]	3	2-12	为符号位。具体算法见说明 1。
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
6	X 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
7	Y 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
8	Z 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
9	陀螺温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
10	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
11	延时		2		单位: us, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
12	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

表 5-7 ‘陀螺 + 加表 + 温度’ 数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0xA5	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
3	Y 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
6	X 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
7	Y 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
8		[-10, 10]		2-19	

	Z 轴加速度	[-30, 30]	3	2-18	单位: g, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-40, 40]		2-17	
9	加表状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
10	X 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
11	Y 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
12	Z 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
13	陀螺温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
14	X 轴加表温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
15	Y 轴加表温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
16	Z 轴加表温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
17	加表温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
18	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
19	延时		2		单位: us, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
20	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

表5-8 ‘陀螺 + 倾角 + 温度’ 数据帧数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0xA6	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
3	Y 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先后高低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。

6	X 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
7	Y 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
8	Z 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
9	倾角状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
10	X 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
11	Y 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
12	Z 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
13	陀螺温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
14	X 轴倾角温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
15	Y 轴倾角温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
16	Z 轴倾角温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
17	倾角温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
18	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
19	延时		2		单位: us, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
20	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

表 5-9 ‘陀螺 + 加表 + 倾角 + 温度’ 数据帧格式

序号	参数名称	有效范围	字节	比例尺	备注
1	帧头	0xA7	1	——	数据包头
2	X 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
3	Y 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
4	Z 轴角速度	[-400, 400]	3	2-14	单位: /s, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 1。
		[-2000, 2000]	3	2-12	
5	陀螺状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
6		[-10, 10]		2-19	

	X 轴加速度	[-30, 30]	3	2-18	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-40, 40]		2-17	
7	Y 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
8	Z 轴加速度	[-10, 10]	3	2-19	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 2。
		[-30, 30]		2-18	
		[-40, 40]		2-17	
9	加表状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
10	X 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
11	Y 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
12	Z 轴倾角	[-1.7, 1.7]	3	2-22	单位: g, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 3。
13	倾角状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
14	X 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
15	Y 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
16	Z 轴陀螺温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
17	陀螺温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
18	X 轴加表温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
19	Y 轴加表温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
20	Z 轴加表温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
21	加表温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
22	X 轴倾角温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
23	Y 轴倾角温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
24	Z 轴倾角温度	[-128, 128]	2	2-8	单位: °C, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 4。
25	倾角温度计状态	——	1	——	全 0 为正常, 具体定义见表 5-10。
26	帧计数器	[0, 255]	1	1	0 - 255 连续计数
27	延时		2		单位: us, 先高后低, 第一个字节的最高位为符号位。具体算法见说明 5。
28	CRC32	——	4	——	CRC32 校验, 见说明 6

说明:

$$\frac{AR \cdot 2^{16} + AR \cdot 2^8 + AR}{2^{12}}$$

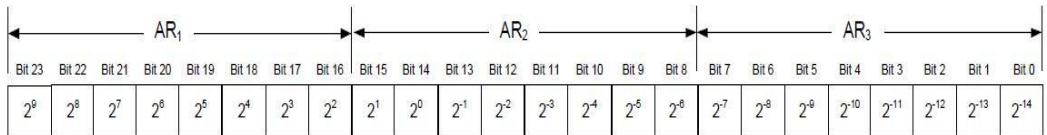
1) 陀螺角速度输出[°/s]= , 数据位格式见图 5-1;

其中:

AR₁ 为陀螺每轴角速度输出三个字节中的高八位;

AR₂ 为陀螺每轴角速度输出三个字节中的中间八位;

AR₃ 为陀螺每轴角速度输出三个字节中的低八位。



图

5-1 将陀螺角速度输出转换为[°/s]

如果陀螺角速度量程配置为±2000°/s 时, 刻度因子是 2¹²;

2) 加速度速度输出[g] 数据位格式见图 5-1;

其中:

AR₁ 为加速度计每轴角速度输出三个字节中的高八位;

AR₂ 为加速度计每轴角速度输出三个字节中的中间八位;

AR₃ 为加速度计每轴角速度输出三个字节中的低八位。

X 为加表比例尺指数, 10g、30g 和 40g 加表对应 X 为 19,18 和 17。

3) 倾角速度输出[g]=

其中:

AR₁ 为倾角每轴角速度输出三个字节中的高八位;

AR₂ 为倾角每轴角速度输出三个字节中的中间八位;

AR₃ 为倾角每轴角速度输出三个字节中的低八位。

$$\frac{T_1 \cdot 2^8 + T_2}{2^4}$$

4) 温度输出[°C]= 数据位格式见图 5-2。

其中:

T₁ 为每轴温度输出两个字节中的高八位;

T₂ 为每轴温度输出两个字节中的低八位。

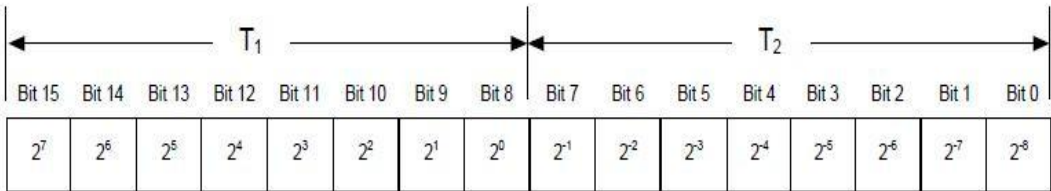


图 5-2 将温度输出转换为[°C]

$$T_1 \cdot 2^8 + T_2$$

5) 延时时间输出[us]=

其中:

T_1 为延时时间输出两个字节中的高八位;

T_2 为延迟时间输出两个字节中的低八位。

6) CRC 校验方法

CRC 校验从数据帧头到校验位之前所有字节, 采用标准 CRC-32 多项式:

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

seed = 0xFFFFFFFF

5.4 自检功能和工作状态实时输出功能

产品具有自检功能和工作状态实时输出功能, 数据帧中包含一个表示状态的字节, 在上电启动完成后开始实时输出产品工作状态信息。状态位的定义如表 5-10 所示。

表 5-10 产品状态位定义

位	定义
7	0=正常, 1=全系统异常
6	0=正常, 1=启动中
5	0=正常, 1=外部环境异常
4	0=正常, 1=三轴超出使用条件
3	0=正常, 1=三轴输出有错误
2	0=正常, 1=Z 轴超出使用条件或错误
1	0=正常, 1=Y 轴超出使用条件或错误
0	0=正常, 1=X 轴超出使用条件或错误

6、功能性测试

6.1 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。

6.2 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, 供电要求满足 1.2.2 要求, 产品具体连线方式如下图 6-1。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。

分别将 X、Y、Z 正向超上, 可以监测到相应轴的加速度输出为 1g。在静止条件下, 产品两个轴输出的加速度大约为 0g, 第三个轴输出的加速度大约为 1g。

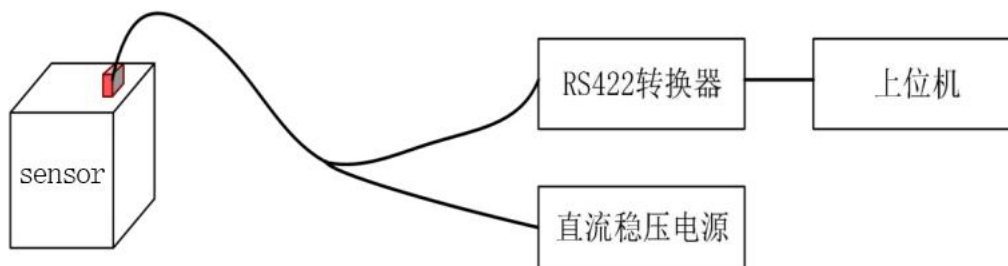


图 6-1 惯组测试连接示意图

7、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。

本产品应存放在温度为（15~35）℃，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。

8 常见故障现象

下面列出使用过程中可能出现的几种常见故障，可以先按照故障模式进行排查，如有其他问题，可以联系售后服务。

表 8-1 故障模式情况

序号	故障现象	故障原因
1.	电流输出异常（较大或者较小）	电源电压过大（超出产品承受范围）或者电源正和地反接导致产品供电异常
2.	电流输出为 0	产品内部电源线缆断开
3.	串口端无数据	串口收发线缆接错，产品 Tx 应与使用端 Rx 相接，产品 Rx 应与使用端 Tx 相接；产品内部串口线缆断开
4.	串口数据不正确	接收串口设置错误，比如波特率、奇偶校验位等配置错误
5.	解包数据异常	解包函数编写错误，比如高低字节顺序错误等
6.	传感器数据有毛刺或抖动	产品采集数据时，没有在一个静止环境内测试
7.	传感器不能响应外界输入	传感器敏感元件焊接问题导致无响应

附录 A 装箱清单

产品配套表

序号	名称	数量	单位	备注
1	产品	1	台	
2	产品合格证	1	份	
3	产品证明书	1	份	
4	使用说明书（电子版）	1	份	
5	防静电包装袋	1	个	

附录 B CRC 查询表和查表函数

B1 CRC32 的查询表

```
static Uint32 crc_table[256]={
0x00000000, 0x04c11db7, 0x09823b6e, 0x0d4326d9, 0x130476dc, 0x17c56b6b, 0x1a864db2,
0x1e475005, 0x2608edb8, 0x22c9f00f, 0x2f8ad6d6, 0x2b4bcb61, 0x350c9b64, 0x31cd86d3,
0x3c8ea00a, 0x384fbd8d,0x4c11db70, 0x48d0c6c7, 0x4593e01e, 0x4152fda9, 0x5f15adac,
0x5bd4b01b, 0x569796c2, 0x52568b75, 0x6a1936c8, 0x6ed82b7f, 0x639b0da6, 0x675a1011,
0x791d4014, 0x7ddc5da3, 0x709f7b7a, 0x745e66cd,0x9823b6e0, 0x9ce2ab57, 0x91a18d8e,
0x95609039, 0x8b27c03c, 0x8fe6dd8b, 0x82a5fb52, 0x8664e6e5, 0xbe2b5b58, 0xbaea46ef,
0xb7a96036, 0xb3687d81, 0xad2f2d84, 0xa9ee3033, 0xa4ad16ea, 0xa06c0b5d,0xd4326d90,
0xd0f37027, 0xddb056fe, 0xd9714b49, 0xc7361b4c, 0xc3f706fb, 0xceb42022, 0xca753d95,
0xf23a8028, 0xf6fb9d9f, 0xfbb8bb46, 0xff79a6f1, 0xe13ef6f4, 0xe5ffeb43, 0xe8bccd9a,
0xec7dd02d,0x34867077, 0x30476dc0, 0x3d044b19, 0x39c556ae, 0x278206ab, 0x23431b1c,
0x2e003dc5, 0x2ac12072, 0x128e9dcf, 0x164f8078, 0x1b0ca6a1, 0x1fcd8bb16, 0x018aeb13,
0x054bf6a4, 0x0808d07d, 0x0cc9cdca, 0x7897ab07, 0x7c56b6b0, 0x71159069, 0x75d48dde,
0x6b93d8db, 0x6f52c06c, 0x6211e6b5, 0x66d0fb02, 0x5e9f46bf, 0x5a5e5b08, 0x571d7dd1,
0x53dc6066, 0x4d9b3063, 0x495a2dd4, 0x44190b0d, 0x40d816ba,0xaca5c697, 0xa864db20,
0xa527fdf9, 0xa1e6e04e, 0xbfa1b04b, 0xbb60adfc, 0xb6238b25, 0xb2e29692, 0x8aad2b2f,
0x8e6c3698, 0x832f1041, 0x87ee0df6, 0x99a95df3, 0x9d684044, 0x902b669d, 0x94ea7b2a,
0xe0b41de7, 0xe4750050, 0xe9362689, 0xedf73b3e, 0xf3b06b3b, 0xf771768c, 0xfa325055,
0xfef34de2, 0xc6bcf05f, 0xc27dede8, 0xcf3ecb31, 0xcbffd686, 0xd5b88683, 0xd1799b34,
0xdc3abded, 0xd8fba05a,0x690ce0ee, 0x6dcd5f59, 0x608edb80, 0x644fc637, 0x7a089632,
0x7ec98b85, 0x738aad5c, 0x774bb0eb, 0x4f040d56, 0x4bc510e1, 0x46863638, 0x42472b8f,
0x5c007b8a, 0x58c1663d, 0x558240e4, 0x51435d53,0x251d3b9e, 0x21dc2629, 0x2c9f00f0,
0x285e1d47, 0x36194d42, 0x32d850f5, 0x3f9b762c, 0x3b5a6b9b, 0x0315d626, 0x07d4cb91,
0x0a97ed48, 0x0e56f0ff, 0x1011a0fa, 0x14d0bd4d, 0x19939b94, 0x1d528623, 0xf12f560e,
0xf5ee4bb9, 0xf8ad6d60, 0xfc6c70d7, 0xe22b20d2, 0
```

B2 查表函数

```
void CRC32(UInt16 *pch,int len)
{
    UInt32 reg = 0xFFFFFFFF;    //初始值 int i;
    int Res=0;    //4 的求余
    if((len%4)!=0)
    {
        Res=4-len%4; //需要补充计算 crc32 的 0 的数目
    }
    for( i = 0; i < len; i++)
    {
        reg = (reg<<8) ^ crc_table[(((reg>>24)&0xFF) ^ pch[i])];
    }
    for( i = 0; i < Res; i++) //多余的 0 需要参与求 crc
    {
        reg = (reg<<8) ^ crc_table[(((reg>>24)&0xFF) ^ 0x00)];
    }
    crc_data[0] = (reg>>24) & 0xFF; crc_data[1] = (reg>>16) & 0xFF; crc_data[2] = (reg>>8) & 0xFF;
    crc_data[3] = reg & 0xFF; return;
}
crc_data[0]~crc_data[3]即为计算获得的 CRC32 值
```