

文章编号:1007-9432(2005)01-0048-04

光纤陀螺仪原理及数据读取方法研究

刘 畅,韩冀皖,王园宇,李元宗

(太原理工大学 机械工程学院,山西 太原 030024)

摘 要:阐述了光纤陀螺仪(FOG)的基本特点,分析了 Sagnac 效应的基本原理,给出了 VC⁺⁺ 6.0 环境下通过使用 ActiveX 控件进行串行通讯,实现光纤陀螺仪测量数据的读取的方法,分析了该方法具有的特点。为后续的数据处理作好准备。

关键词:光纤陀螺仪;Sagnac 效应;串行通讯;数据读取方法

中图分类号: TB934 **文献标识码:** A

陀螺仪是一种角度和角加速度测量元件,能自主地测量出相对惯性空间的旋转运动。

光纤陀螺(FOG)是利用光纤构成的一种环状干涉仪,属纯光学、静止型陀螺,通过 Sagnac 效应来实现旋转角速度的检测。它具有如下明显特点。

- 1) 无转动部件,结构简单,全固体化,可靠性高,抗冲击和抗加速度能力强。
- 2) 无须高速转子达到恒定转速所需要的时间,故启动时间短。
- 3) 动态范围宽,从原理上讲角速率测量范围无上限,可达 300(°/s)以上。
- 4) 功耗低,体积小,质量轻。
- 5) 寿命长,可达 1×10^5 h 以上。
- 6) 可直接数字输出,便于计算机处理。

在陆用导航领域,特别是在智能运载系统的导航系统的应用领域,光纤陀螺正受到人们的普遍关注。这些应用采用低精度的陀螺仪,用 GPS 和其它陆基参考信标对位置参数进行修正,并加入电子地图来增强系统功能。坚固且使用寿命长的特点使光纤陀螺更适合在恶劣的环境条件下应用。例如,用于旋转指示器、稳定平台、机器人控制、车辆和飞机导航系统、稳定天线、航向和姿态参考系统、组合 GPS 系统、辅助导航系统和惯性导航系统等。光纤陀螺仪与其它类型陀螺的性能比较见表 1。

光纤陀螺仪的原理及其应用在各种文献中有较多论述,但很少有文献介绍它的数据读取方法。笔者将探讨的这种方法可以快速可靠地实现光纤陀螺仪的数据读取,为后继的数据处理作好准备。

表 1 光纤陀螺仪与其它陀螺仪性能比较

性能	种 类				
	液浮陀螺仪	动力调谐陀螺仪	静电陀螺仪	环型激光陀螺仪	光纤陀螺仪
价格	高	低	高	低	低
可靠性	普通	普通	普通	高	高
耐环境性	良	普通	良	优	优
动态误差	大	大	小	小	小
尺寸	小	中	中	中	中
对数字系统适应性	良	良	差	优	优
启动	慢	普通	慢	快	快
精加工要求	高	普通	高	高	无
超精组装机要求	高	普通	高	高	无

1 Sagnac 效应

光纤陀螺是以光的 Sagnac 效应为基础开发出来的。Sagnac 效应是由法国 Sagnac 在 1913 年首次发现的,揭示了同一光路中两个对向传播的光的光程差与其旋转速度的解析关系。

根据相对论,光在运动介质中传播的速度 c ,从静止坐标观察时存在下列关系:

$$c = \frac{c_0}{n} + v_0 \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

式中: c_0 为真空中的光速; n 为介质的折射率; v_0 为介质运动的速度。

在图 1 所示的光轨道中,光轨道由 N 匝光纤构成。由光源发出的光进入光路,经 A 点的分离/合路器 BS,分成逆时针和顺时针方向二路光。它们

* 收稿日期:2004-04-16

作者简介:刘畅(1974-),男,辽宁营口人,在读硕士,主要从事惯性测量方面研究工作。

以相同的速度传播,经过同样的距离 $2rN$ (r 为圆形轨道半径) 重新在 BS 汇合。如果该系统为静止的,则两路光经历了完全相同的光域,因此它们的相位也相同。然而,如果该圆形轨道以角速度沿顺时针方向旋转的话,两路光到达汇合点的时间是不同的 (A 点已移动到 A' 点)。顺时针方向的光与逆时针方向的光到达时间分别为:

$$t_1 = (2r + r t_1) / \left[\frac{c}{n} + r \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \right], \quad (2)$$

$$t_2 = (2r - r t_2) / \left[\frac{c}{n} - r \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \right]. \quad (3)$$

由 (2)、(3) 两式可得两路光到达的时间差为:

$$t = t_1 - t_2 = (4r^2 N) / c^2 = (4SN) / c^2. \quad (4)$$

上述分析中使用了 $c^2 > [(r) / n^2]$ 的条件。设光的角频率为 ω , 波长为 λ , 则顺时针方向的光与逆时针方向的光的相差为:

$$\Delta\phi = \omega \cdot t = (8^2 rN) / (c) = (4lr) / c. \quad (5)$$

这样就可以通过检测相位差 推算出角速率。

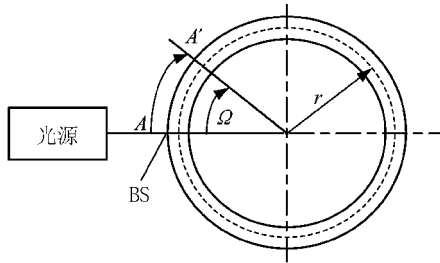


图 1 Sagnac 效应原理图

2 光纤陀螺仪的数据读取

与传统陀螺仪不同,光纤陀螺仪直接输出数字量,非常便于计算机进行接收和处理数据。笔者以 VG7100 型光纤陀螺仪为对象,用 VC++ 6.0 编写出数据读取程序。

2.1 技术参数

该陀螺主要技术参数如表 1 所示。

2.2 命令字符及应答字符

该陀螺提供下列命令字符及应答字符,用于控制陀螺的工作状态和获取陀螺型号,如表 2 所示。

2.3 数据格式

陀螺仪通过 RS232 口将数据送入电脑,其数据格式如表 3 所示。

表 1 主要技术参数

激活时间	< 1 s	
姿态	静态初始化时间	30 s (VG)
	静态精度	< 0.1 (°) (VG)
	动态精度	< 1.0 (°) (VG)
陀螺仪	偏差可重复性	< 0.02 (°/s) (1)
	随机漂移	< 6 (°/h) (Hz ⁻¹)
	偏差变化	< 0.1 (°/s) (1)
加速度计	带宽	> 100 Hz 增益(3 dB 噪声下)
	偏差可重复性	< 0.002 g (1)
	随机漂移	< 0.3 m/(s · H)
	比例因子稳定性	0.2% (1)
	偏差变化	< 0.005 g (1)
使用范围	带宽	> 100 Hz 增益(3 dB 噪声下)
	姿态:横滚 & 俯仰	±180 (°) (VG)
	角速率	±100 (°/s), ±200 (°/s), 或 ±300 (°/s)
	加速度	±2 g, ±5 g, 或 ±10 g
输出速率	对 IMU 为 > 140 Hz, 对 VG 为 > 115 Hz, (38 400 b/s 下)	

表 2 命令符及应答符

命令	应答	说明
'R' 或 'r'	'ACK'	将陀螺仪复位至缺省状态,缺省状态下波特率设为 38 400,8 位数据位,无奇偶校验位,1 位停止位。在接收到'连续发送数据'命令前,不发送数据。
'C' 或 'c'	'ACK'	连续发送数据命令,接收到此命令后陀螺仪给出应答信号'ACK',并连续输出数据。
'P' 或 'p'	'ACK'	停止数据输出命令,接收到此命令后陀螺仪给出应答信号'ACK',并停止输出数据。
'S' 或 's'	XXXXXX	询问陀螺仪的序列号,接收到此命令后陀螺仪给出该陀螺仪的序列号
'Z' 或 'z'	'ACK'	设置陀螺仪的零点。
BN 或 'bn'	'ACK'	设定 RS232 口的波特率
		'B0' 或 'b0': 38 400,8,n,1
		'B1' 或 'b1': 57 600,8,n,1
		'B2' 或 'b2': 115 200,8,n,1
		'B3' 或 'b3': 19 200,8,n,1
'B4' 或 'b4': 9 600,8,n,1		

表 3 数据格式

Byte	数据类型	定义
0	Unsigned Char	首字符, 0xAA
1	Unsigned Char	标志位
2~3	Unsigned short	时钟
4~5	Short	滚动角
6~7	Short	倾斜角
8~9	Short	X 轴角速度
10~11	Short	Y 轴角速度
12~13	Short	Z 轴角速度
14~15	Short	X 轴加速度
16~17	Short	Y 轴加速度
18~19	Short	Z 轴加速度
20~21	Unsigned short	温度
22	Unsigned short	校验和

2.4 系统要求

VG7100 型陀螺数据采集对系统的要求为: CPU 为 Pentium 级;内存 > 32MB;硬盘空间 > 1G;基于 Windows 32 位操作系统,如 Windows 2000/XP/ME/98/95。

2.5 实现方法

Windows 的串口通信可用 API 实现,但十分不便。在这里我们用 Active 控件实现。

先在应用程序中插入 Active 控件 Microsoft comm control1 (MSComm);在 VC++ 6.0 下,选菜单 Project/ Add To Project,弹出一子菜单,选中 Component and Controls 项,双击 Registered ActiveX Controls,找到通信控件 6.0,双击便可插入。此时打开对话框编辑器,在工具条中会看到新增的通信控件。通信控件常用的属性列举如下。

CommPort:设置并返回通信口号,缺省值为 COM1;

Settings:设置并返回波特率、奇偶校验、数据位、停止位的字符串,其中波特率的范围为 300 ~ 19 200 b/s;

PortOpen:设置并返回通信口的状态,同时用来打开和关闭通信口;

InputLen:决定每次 Input 读入的字符个数,缺省为 0,表示读取接收缓冲区的全部内容;

Input:读入并清除接收缓冲区的字符;

InBufferCount:返回接收缓冲区已接收的字符数,通过置 0 可清除接收缓冲区;

Output:将发送的字符串或数组写到发送缓冲区;

InputMode:定义 Inpput 属性获得数据的方式;

Rthreshold:设置、返回在通信控件置 ComEvRecieve 并激发 OnComm 事件前要接收的字符数;

SThreshold:设置、返回通信控件置 ComEvSend 并激发 OnComm 事件前发送缓冲区中的最少字符数。

在视类的 OnInitialUpdate() 函数中进行串口初始化:

```
void CGyroView::OnInitialUpdate()
```

```
{
    m__Com. SetCommPort(1); 选择 COM1 口
    m__Com. SetInBufferSize(1024); 输入缓冲区大小
    m__Com. SetOutBufferSize(512); 输出缓冲区大小
    if(! m__Com. GetPortOpen()) 打开串口
    m__Com. SetPortOpen(TRUE);
    m__Com. SetInputMode(1); 输入方式为二进制方式
    m__Com. SetSettings("38400,n,8,1"); 波特率等通
```

讯参数

```
m__Com. SetRThreshold(1); 有一个字符引发一个
```

OnComm 事件

```
array. SetSize(1);
```

array. SetAt(0,'r'); 向陀螺发送复位命令,陀螺通讯参数为 38400,8,n,1

```
...
```

```
}
```

陀螺仪测得数据后,送到串口会引发 OnComm 事件,在 OnOnCommMscomm() 函数中实现数据的采集。

```
void CGyroView::OnOnCommMscomm1()
```

```
{
```

COleSafeArray safearray __inp; /* 在 VC6.0 下,Input 返回 COleVariant 类。COleVariant 类封装了 VARIANT 数据类型,该结构囊括了所有常用的简单数据类型,但是结构中每次可用的数据类型只有一种,由结构的成员 vt 识别 */

```
LONG len,k;
```

```
BYTE rxdata[2048];
```

if(m__Com. GetCommEvent() == 2) 事件值为 2 表示接受缓冲区内有字符

```
{
```

```
safearray __inp = m__Com. GetInput(); 读缓冲区
```

len = safearray __inp. GetOneDimSize(); 得到有效数据长度

```
for(k=0;k<len;k++)
```

safearray __inp. GetElement(&k,rxdata+k); 转换为 BYTE 型数组

```
...
```

```
t = short(Packet[5]);
```

```
sb = short(Packet[4]);
```

```
sa = t < 8;
```

sa = sa + sb; 第四字节与第五字节数据相加得到滚动角数值

```
...
```

```
}
```

上述程序已通过验证。

5 结束语

本文提出了使用 ActiveX 控件读取光纤陀螺仪数据的方法,该方法实现简单,结构清晰,数据读取快捷可靠。与光纤陀螺仪的联机运行证明,该方法稳定性强,数据传输过程不易发生错误,为下一步数据提供了坚实基础。

参考文献:

- [1] 张兴周. Sagnac 效应光纤陀螺[J]. 传感器技术,1998(1):59-62.
- [2] 武凤德. 光纤陀螺技术发展综述[J]. 舰船导航,2002(4):31-41.
- [3] 金妙. 光纤陀螺的民用开发[J]. 自动驾驶仪与红外技术,1999(1):31-35.
- [4] 孙丽,王德钊. 光纤陀螺的最新进展[J]. 航天控制,2003(3):75-80.
- [5] 李宪勇. VC++ 串行通讯技术与工程实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2002.

The Theory of Fiber Optical Gyroscope and a Method of Reading its Data

LIU Chang, HAN Ji-wan, WANG Yuan-yu, LI Yuan-zong

(College of Mechanical Engineering of TUT, Taiyuan 030024, China)

Abstract : This article expounds the basic characteristics of Fiber Optical Gyroscope , analyses the basic theory of Sagnac effect ,and develops the method of reading data measured by Fiber Optical Gyroscope through serial communication in VC++ 6.0. The domain of application of Fiber Optical Gyroscope is introduced. This work provides preparation for succeeding data treatment.

Key words : fiber optical gyroscope ;Sagnac effect ; serial communication

(编辑:庞富祥)