



# 中华人民共和国国家军用标准

FL 5827

GJB 2426A - 2004

代替 GJB 2426 - 1995

## 光纤陀螺仪测试方法

Test methods for fiber optic gyroscope

2004 - 09 - 01 发布

2004 - 12 - 01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

## 目 次

前言.....	
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和符号.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 符号.....	2
4 测试条件与测试设备.....	4
4.1 测试条件.....	4
4.2 测试设备.....	5
5 测试项目与方法.....	5
5.1 概述.....	5
5.2 外观检查.....	5
5.3 电气检查.....	5
5.4 功耗.....	6
5.5 启动时间.....	6
5.6 预热时间.....	7
5.7 极性.....	7
5.8 标度因数系列测试.....	7
5.9 最大输入角速度.....	9
5.10 阈值.....	9
5.11 分辨率.....	11
5.12 零偏系列测试.....	11
5.13 频带宽度.....	14
5.14 输出延迟时间.....	15
5.15 输入轴失准角.....	16

## 前 言

本标准代替 GJB 2426 - 1995《光纤陀螺仪测试方法》。

本标准与原标准相比主要有以下变化：

- a) 对原标准的几个术语：随机游走系数、启动时间、预热时间进行了重新定义，增加了输出延迟时间的定义与测试项目；
- b) 对原标准的第 5 部分作了较大修改，将其中的 5.1 和 5.2 测试条件和测试设备内容拿出来作为新标准的第 4 部分，并进行了补充；
- c) 将原标准的 5.3 作为第 5 部分，增加了基本测试项目，对部分测试项目(如阈值、频带宽度、随机游走系数、输入轴失准角、分辨率等)进行了修改。

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：航天科技集团公司第十研究院。

本标准主要起草人：王 巍、魏丽萍、张桂才、卫 炎、杨清生、张志鑫。

本标准于 1995 年 10 月首次发布，本次为第一次修订。

# 光纤陀螺仪测试方法

## 1 范围

本标准规定了作为姿态控制系统、角位移测量系统和角速度测量系统中敏感器使用的单轴干涉型光纤陀螺仪(以下简称光纤陀螺仪)的性能的测试方法。

本标准适用于陆、海、空及航天等领域中各类运载体上所用的光纤陀螺仪的性能测试。其它类型的光纤陀螺仪性能的测试,亦可参照使用。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包含勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GB 321 - 1980 优先数和优先数系
- CB 998 低压电器基本试验方法
- GJB 585A - 1998 惯性技术术语
- GJB 151 军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求

## 3 术语、定义和符号

GJB 585A - 1998 确立的以及下列术语、定义和符号适用于本标准。

### 3.1 术语和定义

#### 3.1.1

干涉型光纤陀螺仪 **interferometric fiber optic gyroscope**

以萨格耐克(Sagnac)效应为基础,由光纤环圈构成的干涉仪型角速度测量装置。当绕其光纤环圈等效平面的垂线旋转时,在环圈中以相反方向传输出的两束相干光之间产生相位差,其大小正比于该装置相对于惯性空间的旋转角速度,通过检测输出光干涉强度即反映出角速度的变化。

#### 3.1.2

陀螺输入轴 **input axis of gyro**

垂直于光纤环圈等效平面的轴。当光纤陀螺仪绕该轴有旋转角速度输入时,产生光纤环圈相对惯性空间输入角速度的输出信号。

#### 3.1.3

标度因数非线性度 **scale factor nonlinearity**

在输入角速度范围内,光纤陀螺仪输出量相对于最小二乘法拟合直线的最大偏差值与最大输出量之比。

#### 3.1.4

零偏稳定性 **bias stability**

当输入角速度为零时,衡量光纤陀螺仪输出量围绕其均值的离散程度。以规定时间内输出量的标准偏差相应的等效输入角速度表示,也可称为零漂。

#### 3.1.5

零偏重复性 **bias repeatability**

在同样条件下及规定间隔时间内,多次通电过程中,光纤陀螺仪零偏相对其均值的离散程度。以多

次测试所得零偏的标准偏差表示。

3.1.6

零偏温度灵敏度 **bias temperature sensitivity**

相对于室温零偏值,由温度变化引起光纤陀螺仪零偏变化量与温度变化量之比,一般取最大值表示。

3.1.7

随机游走系数 **random walk coefficient**

表征光纤陀螺仪中角速度输出白噪声大小的一项技术指标,它反映的是光纤陀螺仪输出的角速度积分(角度)随时间积累的不确定性(角度随机误差),因此也可称为角随机游走。

3.1.8

频带宽度 **bandwidth**

光纤陀螺仪频率特性测试中,规定在测得的幅频特性中幅值降低 3dB 所对应的频率范围。

3.1.9

输出延迟时间 **output delay time**

光纤陀螺仪信号输出相对信号输入的延迟时间中与输入频率无关的部分。

3.1.10

启动时间 **turn-on time**

光纤陀螺仪在规定的工作条件下,从加电开始至达到规定性能所需要的时间。

3.1.11

预热时间 **warm-up time**

针对带温控的高精度光纤陀螺仪的一项技术指标,光纤陀螺仪在规定的工作条件下,从加电开始至达到规定性能所需要的时间。

3.2 符号

下列符号适用于本标准:

$A$ —角度到激光干涉仪输出电压的比例因子;

$\bar{B}_0$ —零偏平均值,单位为度每小时( $^{\circ}$ )/h);

$B_{0i}$ —第  $i$  次测试的零偏,单位为度每小时( $^{\circ}$ )/h);

$B_0$ —零偏,单位为度每小时( $^{\circ}$ )/h);

$B_r$ —零偏重复性,单位为度每小时( $^{\circ}$ )/h);

$B_s$ —零偏稳定性,单位为度每小时( $^{\circ}$ )/h);

$B_{0i}$ —第  $i$  个试验温度点的光纤陀螺仪零偏,单位为度每小时( $^{\circ}$ )/h);

$B_{om}$ —室温下的光纤陀螺仪零偏,单位为度每小时( $^{\circ}$ )/h);

$B_t$ —零偏温度灵敏度,单位为度每小时每摄氏度( $^{\circ}$ )/h/  $^{\circ}$ );

$B_w$ —频带宽度,单位为赫兹(Hz);

$F_{(1-)}$ 、 $F_{(2-)}$ —分别在第一、二种安装位置上,转台反转若干圈光纤陀螺仪输出量的平均值;

$F_{(1+)}$ 、 $F_{(2+)}$ —分别在第一、二种安装位置上,转台正转若干圈光纤陀螺仪输出量的平均值;

$F_{(t)}$ —光纤陀螺仪在  $t$  时刻的输出值;

$\bar{F}$ —光纤陀螺仪输出量的平均值;

$F_0$ —拟合零位;

$F_i(t_0)$ —光纤陀螺仪在第  $i$  个采样点的输出值;

$F_i$ —光纤陀螺仪在  $t_i$  时刻输出的单边幅值;

$F_{jp}$ —光纤陀螺仪第  $P$  个输出值;

$F_j$ —第  $j$  个输入角速度  $\Omega_{ij}$  时光纤陀螺仪输出值;

$F_L$ —光纤陀螺仪在角振动台允许最低频率时输出的单边幅值;

- $F_m$ —光纤陀螺仪输出的单边幅值；  
 $\bar{F}_e$ —测试结束时，光纤陀螺仪输出的平均值；  
 $\bar{F}_s$ —测试开始时，光纤陀螺仪输出的平均值；  
 $\hat{F}_j$ —第  $j$  个输入角速度  $\Omega_{ij}$  所对应拟合直线上计算的光纤陀螺仪输出值；  
 $\bar{F}_r$ —转台静止时，光纤陀螺仪输出的平均值。  
 $G_i$ —第  $i$  个频率下测试的光纤陀螺仪幅值增益；  
 $K$ —标度因数；  
 $K_{(-)}$ —反转输入角速度范围内光纤陀螺仪标度因数；  
 $K_{(+)}$ —正转输入角速度范围内光纤陀螺仪标度因数；  
 $K_\alpha$ —标度因数不对称性，单位为百分之(%)或百万分之(ppm)；  
 $K_D$ —直流增益；  
 $K_i$ —第  $i$  次测试的标度因数；  
 $K_m$ —室温下，光纤陀螺仪标度因数；  
 $K_n$ —标度因数非线性度，单位为百分之(%)或百万分之(ppm)；  
 $K_r$ —标度因数重复性，单位为百分之(%)或百万分之(ppm)；  
 $K_T$ —标度因数温度灵敏度，单位为百分之每摄氏度(%/°)或百万分之每摄氏度(ppm/°)；  
 $\bar{K}$ —标度因数平均值；  
 $M$ —输入角速度个数；  
 $n$ —采样次数；  
 $NER(\tau)$ —噪声等效速率，单位为度每小时((°)/h)；  
 $P_i$ —相位延迟，单位为度((°))；  
 $Q$ —测试次数；  
 $RWC$ —随机游走系数；  
 $s$ —Lalapce 算子；  
 $t_0$ —初始采样间隔时间，单位为秒(s)；  
 $T_d$ —延迟时间，单位为秒(s)；  
 $T_i$ —第  $i$  个试验温度，单位为摄氏度(°)；  
 $t_j$ —第  $j$  个采样点时间，单位为秒(s)；  
 $T_m$ —室温，单位为摄氏度(°)；  
 $\alpha$ —输入轴失准角，单位为度((°))；  
 $\alpha_j$ —第  $j$  个输入角速度  $\Omega_{ij}$  时，输出值的非线性偏差，单位为百分之(%)或百万分之(ppm)；  
 $\beta_j$ —第  $j$  个输入基准轴(IRA)偏北角，单位为度((°))；  
 $\delta_1$ 、 $\delta_2$ 、 $\delta_3$ 、 $\delta_4$ —分别为第一、二、三、四种安装位置时的失准角，单位为度((°))；  
 $F_j$ —光纤陀螺仪输出增量；  
 $\Delta\bar{F}_j$ —按拟合直线计算的光纤陀螺仪输出增量；  
 $\theta$ —角振动台在  $t$  时刻的振动角度，单位为度((°))；  
 $\theta^\&$ —光纤陀螺仪输入的角速度，单位为度每小时((°)/h)；  
 $\theta_m$ —角振动的单边幅值，单位为度((°))；  
 $\tau$ —采样间隔时间，单位为秒(s)；  
 $v_j$ —拟合误差；  
 $\xi_{P+1,P}$ —第  $P+1$  与第  $P$  个数组平均的差；  
 $\phi_F$ —光纤陀螺仪输出的初始相位，单位为度((°))；  
 $\phi_0$ —角振动台的初始相位，单位为度((°))；

- $\phi$ —开始转动时 *IRA* 的偏北角, 单位为度( $^{\circ}$ );
- $\psi$ —试验场所地理纬度角, 单位为度( $^{\circ}$ );
- $\Omega_e$ —地球自转角速度, 单位为度每小时( $^{\circ}$ /h);
- $\omega$ —转台转动角速度, 单位为度每秒( $^{\circ}$ /s);
- $\omega_i$ —第 *i* 个输入信号频率, 单位为赫兹(Hz);
- $\Omega$ —速率转台转速, 单位为度每秒( $^{\circ}$ /s);
- $\Omega_i(t_0)$ —在第 *i* 个采样点的输出角速率, 单位为度每小时( $^{\circ}$ /h);
- $\Omega_{ij}$ —第 *j* 个输入角速度, 单位为度每小时( $^{\circ}$ /h);
- $\Omega_j$ —输入角速度, 单位为度每小时( $^{\circ}$ /h);
- $\overline{\Omega}_p(\tau)$ —始于第 *p* 个数据点并含有 *k* 个数据的一个数组上的输出角速度的数组平均;
- $\sigma^2(\tau)$ —随机变量集合  $\{\xi_{p+1,p}, p=1, \dots, n-k+1\}$  的方差。

注: 光纤陀螺仪的输出单位为安培(A)、毫伏(mV)或脉冲数等。

#### 4 测试条件与测试设备

##### 4.1 测试条件

###### 4.1.1 环境条件

###### 4.1.1.1 大气条件

标准大气条件如下:

- a) 环境温度: 15 ~ 35 ;
- b) 相对湿度: 20% ~ 80% ;
- c) 大气压力: 测试场所的气压。

仲裁试验的标准大气条件如下:

- a) 环境温度: 23  $\pm$  2 ;
- b) 相对湿度: 50%  $\pm$  5% ;
- c) 大气压力: 86kPa ~ 106kPa。

###### 4.1.1.2 磁场

测试场地的磁场, 其最大垂直分量和水平分量应符合产品专用技术条件要求。

试验时电路连接的电磁兼容性应满足 GJB 151 要求。

###### 4.1.1.3 振动

试验基座安装在独立的地基上, 基座振动的频率和幅值应符合产品技术条件的要求。

###### 4.1.2 安装条件

###### 4.1.2.1 概述

光纤陀螺仪安装在测试工作台上的夹具中, 宜与实际使用的安装条件一致。各项测试中的定位精度, 由测试工作台及安装夹具的精度来保证, 应符合产品专用技术条件的要求。

必要时应考虑安装部件的热设计与机械设计等的影响。如果需要对其进行温度控制, 应规定:

- a) 设备工作温度;
- b) 温度测定方法;
- c) 确定热平衡的标准。

必要时, 测试设备应提供测量和控制温度梯度的手段。

###### 4.1.2.2 机械条件

安装光纤陀螺仪时, 输入基准轴 *IRA* 相对于测试夹具的对准精度应符合产品专用技术条件的要求。

###### 4.1.2.3 热条件

所有需要稳定温度的测试均需要在光纤陀螺仪处于热平衡状态下进行, 安装夹具按使用中的热平衡

条件进行热设计，安装界面温度要求与使用中的界面温度相一致。

#### 4.1.3 供电条件

光纤陀螺仪所有供电电源的阻抗、电压、频率、纹波、预热及工作电流都应符合产品专用技术条件的要求。

#### 4.1.4 陀螺仪输出极性规定

按右手螺旋定则以四指指向光纤陀螺仪旋转方向，拇指指向光纤陀螺仪输入轴正方向。光纤陀螺仪绕其输入轴正向旋转时，其输出信号为正。

#### 4.1.5 光纤陀螺仪轴的规定

$OX$ 、 $OY$  是光纤环圈平面内两个相互垂直的轴， $OX$  和  $OY$  与光纤陀螺仪输入轴  $IA$  (即  $OZ$ ) 正交，且三个轴的正方向满足  $OX \times OY = IA$  的规定；

$IRA$  (即  $oz$ )、 $ox$  和  $oy$  是安装基准轴，这三个轴名义是分别与  $IA$ 、 $OX$ 、 $OY$  平行，且三个轴的正方向满足  $ox \times oy = IRA$  的规定，应在光纤陀螺仪壳体上用标记标明基准轴。

### 4.2 测试设备

#### 4.2.1 一般要求

测试设备的精度和频率特性应与光纤陀螺仪性能规范的要求相匹配，测试设备的随机误差应小于光纤陀螺仪随机误差的三分之一至五分之一。测试设备的性能应稳定可靠，应装有安全限制装置，以免光纤陀螺仪在电、机械、热等方面过载或输入量过大。

所有测试设备均应有规定期限内的检定合格证。

#### 4.2.2 温度试验箱要求

对温度试验箱应有如下要求：

- a) 在温度试验箱内光纤陀螺仪处于工作状态时，其定位条件应满足相应精度要求；
- b) 当使用专用安装夹具时，应具有良好热传导性；
- c) 温度试验箱内的温度由其内部温度传感器监测。除另有规定外，在光纤陀螺仪处于工作状态时，当其内部热容量最大部件在规定试验温度下，每小时温度变化不大于 2 时，认为光纤陀螺仪工作温度达到稳定状态。或者在规定试验温度下，恒温规定时间后，开始测试。

## 5 测试项目与方法

### 5.1 概述

对本标准所列各测试项目，可根据需要，将若干测试设备相同，测试程序相近的项目统一进行测试，然后再按各项目相应的计算方法对测试数据进行处理。

### 5.2 外观检查

光纤陀螺仪应通过外观和尺寸的检验，确认其是否有适当的标识、表面光洁度，有无生产过程中的缺陷，是否符合产品的专用技术条件的要求。

### 5.3 电气检查

#### 5.3.1 绝缘电阻

##### 5.3.1.1 测试目的

测量隔离电路之间及光纤陀螺仪外壳与同外壳隔离的电路之间的绝缘电阻。

##### 5.3.1.2 测试设备

兆欧表。

##### 5.3.1.3 测试方法

在 100V 的试验电压下，按 GB 998 中 6.1 和 6.2 的规定，用兆欧表检查规定试验点之间的绝缘电阻值。其结果应符合产品的专用技术条件的要求。

#### 5.3.2 阻抗

5.3.2.1 测试目的

测量指定光纤陀螺仪电路的阻抗。

5.3.2.2 测试设备

阻抗电桥，其频率发生器可调至规定频率；  
直流电阻电桥或其它适于测量电阻的系统。

5.3.2.3 测试方法

光纤陀螺仪应在规定的温度下达到热平衡，以使最终结果不受温度变化的影响。

测量所有光纤陀螺仪电路的阻抗。为了保护光纤陀螺仪，通过电路的测试电流应尽量小，测试电流应在一定时间内不间断。

5.3.3 绝缘介电强度

5.3.3.1 测试目的

确定电路元件或光纤陀螺仪组件可以在额定电压下安全地工作，并且可经受在隔离的电路之间和光纤陀螺仪外壳与其隔离的电路之间由切换、浪涌等而产生的瞬间过电压。

5.3.3.2 测试设备

交流高压电源，带有电压与电流测量仪表。

5.3.3.3 测试方法

光纤陀螺仪处于非工作状态，试验电压由产品技术条件规定，试验方法按 GB 998 中 6.1 和 6.3 的规定进行。其结果应符合产品的专用技术条件的要求。

5.4 功耗

5.4.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的每种电源需要的输入功率。

5.4.2 测试设备

电压、电流测量设备。

5.4.3 测试方法

接入电压、电流测量设备，按 4.1.3 供电条件规定施加功率，记录每种电源提供的输入功率。

5.5 启动时间

5.5.1 测试目的

确定光纤陀螺仪在规定的条件下，从加电开始至达到规定性能所需要的时间间隔。

5.5.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 速率转台及位置台；
- b) 光纤陀螺仪输出测量及记录装置(具有陀螺加电启动记录功能)。

5.5.3 测试方法

将光纤陀螺仪安装于速率台的夹具上，使  $IRA$  与速率台的旋转轴平行。误差在规定值内。将光纤陀螺仪与输出测量设备接好。启动速率台，建议将速度分别设定在全量程、0.1 倍全量程、0.01 倍全量程或其它合适值上。光纤陀螺仪通电，记录时间和对应的光纤陀螺仪输出。

光纤陀螺仪输入轴指向东、西或其它方向，光纤陀螺仪通电，记录时间和对应的光纤陀螺仪输出。

5.5.4 计算方法

速率试验中，根据记录的数据，确定每次从加电到光纤陀螺仪指示速率满足速率误差要求为止的时间间隔  $tr_1$ 、 $tr_2$ 、 $tr_3$ 、...、 $tr_m$ 。光纤陀螺仪输出中要扣除地球速率和事先标定的零位。

位置试验中，光纤陀螺仪输出中扣除事先标定的零位，确定每次从加电到光纤陀螺仪指示达到要求零偏值的时间  $tp_1$ 、 $tp_2$ 、 $tp_3$ 、...、 $tp_n$ 。

取  $tri(i = 1, 2, m)$ 、 $tpi(i = 1, 2, n)$  的最大值为启动时间。

## 5.6 预热时间

### 5.6.1 测试目的

确定带温控的光纤陀螺仪在规定的工作条件下，从加电开始至达到规定性能所需要的时间间隔。

### 5.6.2 测试设备

测试设备同 5.5.2。

### 5.6.3 测试方法

测试方法同 5.5.3。

### 5.6.4 计算方法

计算方法同 5.5.4。

## 5.7 极性

### 5.7.1 测试目的

确定相对于 4.1.5 定义的轴的光纤陀螺仪的输出极性。

### 5.7.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 速率转台；
- b) 光纤陀螺仪输出测量及记录装置。

### 5.7.3 测试方法

将光纤陀螺仪安装于速率台上， $IRA$  平行于速率台轴线。将光纤陀螺仪与输出测量设备相连。按 4.1 的标准测试条件准备光纤陀螺仪测试。将速率台加速至一定的角速度值，使输入矢量与  $IRA$  的正方向相同，记录光纤陀螺仪输出极性。以相同的方式反向旋转速率台，并再次记录光纤陀螺仪输出极性。

## 5.8 标度因数系列测试

### 5.8.1 标度因数

#### 5.8.1.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的标度因数。

#### 5.8.1.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 具有角度或速率输出的速率转台；
- b) 光纤陀螺仪输出测量及记录装置。

#### 5.8.1.3 测试方法

将速率台的旋转轴置为垂直，与当地垂线间误差不超过规定值。将光纤陀螺仪安装在转台上，使  $IRA$  平行于旋转轴，误差不超过规定值。将光纤陀螺仪与输出测量设备连接好。使测试设备记录经过的时间与光纤陀螺仪输出。在速率台旋转的情况下，按 4.1 的标准测试条件操作光纤陀螺仪。在输入角速度范围内，按照 GB 321 规定的 R5 系列，适当圆整，均匀删除后选取输入角速度，在正转、反转方向输入角速度范围内，分别不能少于 11 个角速度档，包括最大输入角速度。

测试程序如下：

- a) 按专用技术条件设定光纤陀螺仪输出数据的采样间隔时间及采样次数；
- b) 转台加电，设定转台的转动角速度和转动方向，先设正转，启动转台，角速度平稳后，接通光纤陀螺仪电源，测试光纤陀螺仪输出，完成采样次数后，光纤陀螺仪断电，转台停转，将光纤陀螺仪输出数据扣除启动时间之前的数据后，求出该输入角速度下光纤陀螺仪输出的平均值；
- c) 设定同样的角速度，使转台反转，方法与 b) 相同，得到反转输入角速度下光纤陀螺仪输出的平均值，转台输入角速度按从小到大的顺序改变；
- d) 测试开始和结束时，按相同方法分别测试当转台静止时，光纤陀螺仪输出的平均值，并从测试

输入角速度点的光纤陀螺仪输出平均值中扣除，得出各输入角速度下的光纤陀螺仪输出值。

5.8.1.4 计算方法

设  $\bar{F}_j$  为第  $j$  个输入角速度时光纤陀螺仪输出的平均值，标度因数计算方法见公式(1) ~ (6)：

$$\bar{F}_j = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N F_{jp} \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{F}_r = \frac{1}{2} (\bar{F}_s + \bar{F}_e) \dots\dots\dots (2)$$

$$F_j = \bar{F}_j - \bar{F}_r \dots\dots\dots (3)$$

建立光纤陀螺仪输入输出关系的线性模型：

$$F_j = K \cdot \Omega_{ij} + F_0 + v_j \dots\dots\dots (4)$$

用最小二乘法求  $K$ 、 $F_0$ ：

$$K = \frac{\sum_{j=1}^M \Omega_{ij} \cdot F_j - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \Omega_{ij} \cdot \sum_{j=1}^M F_j}{\sum_{j=1}^M \Omega_{ij}^2 - \frac{1}{M} (\sum_{j=1}^M \Omega_{ij})^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$F_0 = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M F_j - \frac{K}{M} \sum_{j=1}^M \Omega_{ij} \dots\dots\dots (6)$$

5.8.2 标度因数非线性度

5.8.2.1 测试目的

测量光纤陀螺仪标度因数非线性度。

5.8.2.2 测试设备

测试设备同 5.8.1.2。

5.8.2.3 测试方法

测试方法同 5.8.1.3。

5.8.2.4 计算方法

测试数据按 5.8.1.4 处理，用拟合直线表示光纤陀螺仪输入输出关系见公式(7)：

$$\hat{F}_j = K \cdot \Omega_{ij} + F_0 \dots\dots\dots (7)$$

按公式(8)计算光纤陀螺仪输出特性的逐点非线性偏差：

$$\alpha_j = \frac{\hat{F}_j - F_j}{|F_m|} \dots\dots\dots (8)$$

按公式(9)计算标度因数非线性度：

$$K_n = \max |a_j| \dots\dots\dots (9)$$

做出光纤陀螺仪输出非线性偏差曲线(横坐标表示输入角速度，纵坐标表示非线性偏差)。

5.8.3 标度因数不对称性

5.8.3.1 测试目的

测量光纤陀螺仪标度因数不对称性。

5.8.3.2 测试设备

测试设备同 5.8.1.2。

5.8.3.3 测试方法

测试方法同 5.8.1.3。

5.8.3.4 计算方法

测试数据按 5.8.1.4 处理，分别求出正转、反转输入角速度范围内光纤陀螺仪标度因数及其平均值，按公式(10) ~ (11)计算标度因数不对称性：

$$K_a = \frac{|K_{(+)} - K_{(-)}|}{\bar{K}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\bar{K} = (K_{(+)} + K_{(-)}) / 2 \dots\dots\dots (11)$$

#### 5.8.4 标度因数重复性

##### 5.8.4.1 测试目的

测量光纤陀螺仪标度因数重复性。

##### 5.8.4.2 测试设备

测试设备同 5.8.1.2。

##### 5.8.4.3 测试方法

按 5.8.1.3 的方法，重复  $Q$  次(6 次以上)测试光纤陀螺仪标度因数，两次测试之间光纤陀螺仪及其辅助设备关机一定时间冷却至室温。

##### 5.8.4.4 计算方法(包括逐日、逐次重复性)

按公式(12)计算标度因数重复性：

$$K_r = \frac{1}{\bar{K}} \left[ \frac{1}{(Q-1)} \sum_{i=1}^Q (K_i - \bar{K})^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (12)$$

#### 5.8.5 标度因数温度灵敏度

##### 5.8.5.1 测试目的

测量光纤陀螺仪标度因数温度灵敏度。

##### 5.8.5.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 具有温度监测装置和角度或角速度输出的温控速率台；
- b) 光纤陀螺仪输出测量及记录装置。

##### 5.8.5.3 测试方法

光纤陀螺仪置于温控速率台的速率转台上。将速率台的旋转轴置为垂直，误差在规定值内。将光纤陀螺仪安装在转台上，使  $IRA$  平行于旋转轴，误差在规定值内。将光纤陀螺仪与输出测量设备连接好。使测试设备记录经过的时间与光纤陀螺仪输出。

根据光纤陀螺仪实际应用需满足的温度范围，按 GB 321 的 R5 系列适当均匀选取试验温度点，包括室温。

测试程序如下：

- a) 光纤陀螺仪处于室温条件下，温度试验箱处于非工作状态，按 5.8.1 的方法测试光纤陀螺仪标度因数；
- b) 设置试验温度点，当温箱达到规定温度，至少保温 30min，使光纤陀螺仪达到热平衡，然后按 5.8.1 的方法测试光纤陀螺仪标度因数。

##### 5.8.5.4 计算方法

测试数据按 5.8.1.4 进行处理，分别求出在室温及各试验温度点的光纤陀螺仪标度因数，按公式(13)计算标度因数温度灵敏度：

$$K_t = \left| \frac{K_i - K_m}{K_m (T_i - T_m)_{\max}} \right| \dots\dots\dots (13)$$

#### 5.9 最大输入角速度

按照 5.8.1 测试光纤陀螺仪标度因数。在最大输入角速度处，光纤陀螺仪输入/输出特性应满足标度因数非线性度的性能要求。

#### 5.10 阈值

5.10.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的阈值。

5.10.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 位置速率转台(用于方法一)；
- b) 分度头(用于方法二，测试的范围限于阈值小于当地地速北向分量)；
- c) 单轴速率转台(用于方法三)；
- d) 光纤陀螺仪输出测量和记录装置。

可根据速率转台低速精度和待测光纤陀螺仪阈值范围选用三个方法。

5.10.3 测试方法

5.10.3.1 方法一

光纤陀螺仪通过工装固定在速率转台上，其 *IRA* 平行于转台轴，速率转台的旋转轴取向有两种：

- a) 在南向、天向平面内，旋转轴与地垂线构成的角为当地地理纬度角。
- b) 指向正东，并处于水平面内。

根据测试精度的要求选定转速和对准精度，如果没有特别说明，对准精度可控制在 60 角秒之内。

测试程序如下：

- 按照 5.8.1 测试光纤陀螺仪标度因数；
- 速率转台以一个合适的输入角速度为起点正转，当输入角速度  $\Omega_{ij}$  稳定后，测试光纤陀螺仪输出值  $F_j$ ，测试方法同 5.8.1.3；
- 依次递减改变速率转台角速度，重复 b)，直至输出正转阈值；
- 按照相同方法，测试反转阈值；
- 将测得的正、反转阈值取绝对值，其最大值即为光纤陀螺仪阈值。

5.10.3.2 方法二

分度头水平放置，转动轴垂直于水平面，并引入北向基准，对准精度在规定值内。光纤陀螺仪通过安装夹具固定在分度头上，其 *IRA* 在水平面内并指向北。

测试程序如下：

- a) 依次改变光纤陀螺仪 *IRA* 与北向之间夹角  $\beta_j$ ，使得 *IA* 上输入不同的地球自转角速度分量，测试光纤陀螺仪输出的平均值；
- b) 按方法一测试正转待阈阈值；
- c) 将 *IRA* 精确指南，以相同方法测试反转待阈阈值；
- d) 将测得的正、反转待阈阈值取绝对值，其最大值即为光纤陀螺仪阈值。

5.10.3.3 方法三

速率转台转动轴垂直于水平面。光纤陀螺仪通过安装夹具固定在速率转台上，其 *IRA* 在水平面内。

测试程序为速率转台以较低的角速度  $\omega$ (如 0.1 °/s)转动一圈，按一定采样间隔记录光纤陀螺仪输出值  $F_j$ 。

5.10.4 计算方法

5.10.4.1 方法一

光纤陀螺仪输入为  $\Omega_{ij}$  对应的实际输出  $F_j$ ，而其理论输出按公式(14)计算：

$$\bar{F}_j = K\Omega_{ij} \dots\dots\dots (14)$$

当满足不等式(15)时，相应输入角速度  $\Omega_{ij}$  即为待阈阈值。

$$\left| \frac{\bar{F}_j - F_j}{F_j} \right| \leq 50\% \dots\dots\dots (15)$$

## 5.10.4.2 方法二

光纤陀螺仪输入角速度  $\Omega_j$  见公式(16)：

$$\Omega_j = \Omega_e \cdot \cos \Psi \cdot \cos \beta_j \dots\dots\dots (16)$$

理论输出  $\bar{F}_j$  按公式(14)计算，阈值按满足不等式(15)对应输入角速度  $\Omega_{ij}$  计算。

## 5.10.4.3 方法三

光纤陀螺仪输入角速度为公式(17)：

$$\Omega_j = \Omega_e \cdot \cos \psi \cdot \cos(\omega t_j + \Phi) \dots\dots\dots (17)$$

光纤陀螺仪的输出在零附近有四个待定阈值点，二个正二个负。他们的理论输出  $\bar{F}_j$  按公式(14)计算，阈值按满足不等式(15)对应输入角速度  $\Omega_j$  计算。取四个待定阈值点中最大值为阈值。

## 5.11 分辨率

## 5.11.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的分辨率。

## 5.11.2 测试设备

测试设备同 5.10.2 方法一。

## 5.11.3 测试方法

光纤陀螺仪置于速率转台上，光纤陀螺仪 *IRA* 与地球自转轴正交，对准精度在规定值内。

测试程序如下：

- a) 按 5.8.1 测试光纤陀螺仪标度因数；
- b) 速率转台以大于光纤陀螺仪估计阈值 100 倍小于光纤陀螺仪测量范围的某一个速率值旋转；
- c) 按 5.8.1.3 测试光纤陀螺仪输出值；
- d) 按依次递减方式改变输入角速度增量值，初始增量值选择比估计分辨率大一些，并测量光纤陀螺仪输出增量，重复 c)，测试正转分辨率；
- e) 按照相同方法，测试反转分辨率；
- f) 将测得的正、反分辨率取绝对值，其最大值即为陀螺仪分辨率。

## 5.11.4 计算方法

按 5.8.1.4 计算的拟合直线，由转台输入角速度增量可以计算出相应的光纤陀螺仪输出增量，当满足不等式(18)时，相应的输入角速度增量即为待定分辨率。

$$\left| \frac{\Delta \hat{F}_j - \Delta F_j}{\Delta \hat{F}_j} \right| \leq 50\% \dots\dots\dots (18)$$

## 5.12 零偏系列测试

## 5.12.1 零偏

## 5.12.1.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的零偏。

## 5.12.1.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 带有北向基准的水平基准；
- b) 光纤陀螺仪输出测量和记录装置。

## 5.12.1.3 测试方法

光纤陀螺仪通过安装夹具固定在水平基准上。使光纤陀螺仪 *IRA* 指向东西向，对准精度在规定值内。

测试程序如下：

- a) 设定光纤陀螺仪输出测量的采样间隔时间及测试时间；
- b) 接通光纤陀螺仪电源，记录光纤陀螺仪在测试时间内的输出，数据为采样间隔内的积累。

一般情况下，数据记录长度(测试时间)应足够长(至少 1h 以上)使测得的性能特性达到要求的置信度。数据采样速率应至少是要求的最高频率的两倍。

5.12.1.4 计算方法

光纤陀螺仪零偏按公式(19)计算：

$$B_0 = \frac{1}{K} \cdot \bar{F} \dots\dots\dots(19)$$

5.12.2 零偏稳定性

5.12.2.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的零偏稳定性。

5.12.2.2 测试设备

测试设备同 5.12.1.2。

5.12.2.3 测试方法

测试方法同 5.12.1.3。

5.12.2.4 计算方法

测试数据按公式(20)计算出零偏稳定性：

$$B_s = \frac{1}{K} \left[ \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(20)$$

5.12.3 零偏重复性(包括逐日和逐次重复性)

5.12.3.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的零偏重复性。

5.12.3.2 测试设备

测试设备同 5.12.1.2。

5.12.3.3 测试方法

陀螺仪安装方式同 5.12.1.3。

测试程序如下：

- a) 设定光纤陀螺仪输出测量的采样间隔时间及测试时间；
- b) 接通光纤陀螺仪电源，记录光纤陀螺仪在测试时间内的输出，数据为采样间隔内的积累；
- c) 将光纤陀螺仪及专用工作设备全部关机，在室温中冷却一定时间；
- d) 一个测试周期包括测试一定时间、冷却一定时间，重复测试  $Q$  次(6 次以上)。

5.12.3.4 计算方法

每一次的测试数据，按 5.12.1.4 进行处理，求出零偏后，按公式(21)计算出  $Q$  次测试的零偏重复性。

$$B_r = \left[ \frac{1}{(Q-1)} \sum_{i=1}^Q (B_{oi} - \bar{B}_0)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(21)$$

5.12.4 零偏温度灵敏度

5.12.4.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的零偏温度灵敏度。

5.12.4.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 温度试验箱、温度监测装置；
- b) 双轴回转台；
- c) 光纤陀螺仪输出测量和记录装置。

5.12.4.3 测试方法

将光纤陀螺仪置于带温度试验箱的双轴回转台上。使光纤陀螺仪  $IRA$  平行于转台轴，转台轴向南倾

斜，与地垂线构成的倾斜角为试验场所地理纬度角。将光纤陀螺仪与输出测量设备连接好。使测试设备记录经过的时间与光纤陀螺仪输出。

根据光纤陀螺仪实际应用需满足的温度范围，按 GB 321 - 1980 的 R5 系列适当均匀选取试验温度点，包括室温。

测试程序如下：

- a) 室温条件下，温度试验箱处于非工作状态，接通光纤陀螺仪电源，预热达到规定预热时间，在陀螺仪工作温度稳定后，按 5.12.1.3 的方法测试光纤陀螺仪零偏；
- b) 设置试验温度点，当温箱达到规定温度，至少保温 30min，使光纤陀螺仪达到热平衡，然后按 5.12.1.3 的方法测试光纤陀螺仪零偏。

在试验过程中，光纤陀螺仪始终处于工作状态。

#### 5.12.4.4 计算方法

测试数据按 5.12.1.4 进行处理，分别求出室温及各试验温度点的光纤陀螺仪零偏，按公式(22)计算光纤陀螺仪零偏温度灵敏度：

$$B_t = \max_{i=1,2,\dots} \left| \frac{B_{oi} - B_{om}}{T_i - T_m} \right| \dots\dots\dots (22)$$

#### 5.12.5 随机游走系数

##### 5.12.5.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的随机游走系数。

##### 5.12.5.2 测试设备

测试设备同 5.12.1.2。

##### 5.12.5.3 测试方法

按 5.12.1.3 的方法，根据光纤陀螺仪检测电路的输出形式及其带宽特性，设定短的采样间隔时间及测试时间，对光纤陀螺仪输出量在短的测试时间内，获得一组初始样本序列。

##### 5.12.5.4 计算方法

###### 5.12.5.4.1 归一化计算法计算步骤如下：

- a) 在初始样本序列基础上，依次成倍加长采样间隔时间如公式(23)所示：

$$\tau = kt_0 \dots\dots\dots (23)$$

$$k=1、2、4、8、16、32\dots\dots$$

由每相邻两个样本的均值再组成新的样本序列，并按式(20)求光纤陀螺仪零偏稳定性；

- b) 由不同的采样间隔时间，获得的光纤陀螺仪零偏稳定性，组成新的样本序列  $B_s(\tau)$ ；
- c) 计算出当  $kt_0=1s$  时的光纤陀螺仪零偏稳定性  $B_s(1)$ ， $B_s(1)$  又称为噪声等效速率  $NER(\tau)$ ，按公式(24)计算光纤陀螺仪随机游走系数  $RWC$ ：

$$RWC = NER(\tau) \cdot \tau^{1/2} \dots\dots\dots (24)$$

注 1：当光纤陀螺仪检测电路输出模拟电压信号时，根据检测电路带宽，由申农(shannon)采样定理设定初始采样间隔时间；当输出数字量时，宜以其最高输出信号频率设定初始采样间隔时间，初始采样间隔时间应小于 10ms。

注 2：在保证数据统计可靠前提下，采用短测试时间，宜为数 10s。

注 3：当在对数坐标系中，以采样间隔时间的平方根的倒数为横坐标，以相应的零偏稳定性为纵坐标，所做出的零偏稳定性与采样间隔时间的关系曲线为线性曲线。

###### 5.12.5.4.2 Allan 方差法计算步骤如下：

- a) 设有  $n$  个在初始采样间隔时间为  $t_0$  时获得的光纤陀螺仪输出值的初始样本数据，按 5.12.1.4 的计算方法计算出每一个光纤陀螺仪输出值对应的光纤陀螺仪输出角速度，得到输出角速度的初始样本数据，见公式(25)：

$$\Omega_j(t_0) = \frac{1}{K} \cdot F_j(t_0) \dots\dots\dots (25)$$

$$i = 1, \dots\dots n$$

- b) 对于  $n$  个初始样本的连续数据, 把  $k$  个连续数据作为一个数组, 数组的时间长度为  $\tau = kt_0$ 。分别取  $\tau$  等于  $t_0, 2t_0, \dots\dots kt_0 (k < n/2)$ , 求出每一个时间长度  $\tau$  的数组的数据平均值(数组平均), 共有  $n - k + 1$  个这样的数组平均。见公式(26) :

$$\bar{\Omega}_p(\tau) = \frac{1}{k} \sum_{i=p}^{p+k} \Omega_i(t_0) \dots\dots\dots (26)$$

$$p = 1, 2, \dots\dots n - p$$

- c) 求相邻两个数组平均的差, 见公式(27) :

$$\xi_{p+1,p} \equiv \bar{\Omega}_{p+1}(\tau) - \bar{\Omega}_p(\tau) \dots\dots\dots (27)$$

给定  $\tau$ , 上式定义了一个元素为数组平均之差的随机变量集合  $\{\xi_{p+1,p}, p = 1, \dots\dots, n - k + 1\}$ , 共有  $n - k$  个这样的数组平均的差。

- d) 求随机变量集合  $\{\xi_{p+1,p}, p = 1, \dots\dots, n - k + 1\}$  的方差, 见公式(28) ~ (29) :

$$\sigma^2(\tau) = \frac{1}{2(n - k - 1)} \sum_{p=1}^{n-k-1} [\xi_{p+2,p+1} - \xi_{p+1,p}]^2 \dots\dots\dots (28)$$

即

$$\sigma^2(\tau) = \frac{1}{2(n - k - 1)} \sum_{p=1}^{n-k-1} [\bar{\Omega}_{p+2}(\tau) - 2\bar{\Omega}_{p+1}(\tau) + \bar{\Omega}_p(\tau)]^2 \dots\dots\dots (29)$$

- e) 分别取不同的  $\tau$ , 重复上述过程, 在双对数坐标系中得到一个  $\sigma(\tau) \sim \tau$  曲线, 称为 Allan 方差曲线。采用下面的 Allan 方差模型, 通过最小二乘拟合, 获得各项系数, 进而求得随机游走系数  $RWC$ , 见公式(30) ~ (31) :

$$\sigma^2(\tau) = \sum_{m=-2}^2 A_m \tau^m \dots\dots\dots (30)$$

式中 :

$A_m$ (即  $A_{-2}, A_{-1}, A_0, A_1, A_2$ )——分别为光纤陀螺仪输出数据中与量化噪声、随机游走系数、零偏不稳定性、速率随机游走、速率斜坡各项噪声相关的拟合多项式的系数。

$$RWC = \sqrt{A_{-1}} \dots\dots\dots (31)$$

### 5.13 频带宽度

#### 5.13.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的频带宽度。

#### 5.13.2 测试设备

主要测试设备如下 :

- a) 角振动台和激光干涉仪 ;
- b) 光纤陀螺仪输出测量和记录装置, 能同时记录激光干涉仪输出。

#### 5.13.3 测试方法

光纤陀螺仪通过安装夹具固定在角振动台上, 角振动台的振动轴平行于地垂线, 对准精度在规定值内, 光纤陀螺仪  $IRA$  平行于振动轴。

测试程序如下 :

- a) 选择角振动台振动频率和幅值。频率在 10Hz 到 2 倍频带宽度之间按对数间隔选取不少于 10 个点。振动幅值的选定应满足振动台的要求, 同时还要使角振动台和陀螺仪的角速度、角加速度在允许的范围内 ;

- b) 启动角振动台并稳定,启动光纤陀螺仪。振动台的角运动由激光干涉仪测出,同时记录光纤陀螺仪和激光干涉仪的输出;
- c) 逐次提高振动频率值,重复上述试验。

#### 5.13.4 计算方法

激光干涉仪的输出是角振动台的受激角运动,表示为公式(32):

$$\theta = A\theta_m \sin(\omega t + \Phi_\theta) \dots\dots\dots(32)$$

于是光纤陀螺仪输入的角速度见公式(33):

$$\dot{\theta} = A(\theta_m \omega) \sin(\omega t + \Phi_\theta - \pi/2) \dots\dots\dots(33)$$

设光纤陀螺仪的角振动输出量为公式(34):

$$F(t) = F_m \sin(\omega t + \Phi_F) \dots\dots\dots(34)$$

由此得到光纤陀螺仪在频率 $\omega_i$ 下的幅值增益 $G_i$ 为公式(35):

$$G_i = \frac{F_i}{F_L} \dots\dots\dots(35)$$

当 $G_i=0.707$ 时对应的频率为 $\omega_c$ ,频带宽度为 $B_w = \frac{\omega_c}{2\pi}$ 。也可以按下述方法计算。

光纤陀螺仪的幅值增益表示为公式(36):

$$G_i^2 = \frac{K_D^2}{\left(\frac{\omega_i}{2\pi B_w}\right)^2 + 1} \dots\dots\dots(36)$$

按最小二乘法,把 $n$ 个频率下测试的数据写成矩阵公式(37)和公式(38):

$$\begin{bmatrix} G_1^2 \\ \vdots \\ G_n^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -G_1^2 \omega_1^2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & -G_n^2 \omega_n^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} K^2 \\ T^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(37)$$

$$T = \frac{1}{2\pi B_w} \dots\dots\dots(38)$$

或简写为矩阵公式(39):

$$Y_{n \times 1} = X_{n \times 2} \cdot B_{2 \times 1} \dots\dots\dots(39)$$

求得矩阵 $B$ 为公式(40):

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y \dots\dots\dots(40)$$

得到频率带宽为公式(41):

$$B_w = \frac{1}{2\pi \sqrt{B(2)}} \dots\dots\dots(41)$$

$B(2)$ 是矩阵 $B$ 的第2行元素。

#### 5.14 输出延迟时间

##### 5.14.1 测试目的

测量光纤陀螺仪的输出延迟时间。

##### 5.14.2 测试设备

同5.13.2。

##### 5.14.3 测试方法

同5.13.3。

##### 5.14.4 计算方法

光纤陀螺仪的传递函数模型可以表示为一节惯性环节和延迟环节的串联,见公式(42):

$$G(s) = \frac{K_D}{\frac{s}{2\pi B_w} + 1} e^{-T_d \cdot s} \dots\dots\dots(42)$$

由公式(33)、公式(34)得到光纤陀螺仪在频率 $\omega_i$ 下的相位延迟  $P_i$ ，采用最小二乘法，得到延迟时间  $T_d$ 。见公式(43) ~ (46)：

$$P_i = \varphi_{\omega} - \varphi_0 + \frac{\pi}{2} \dots\dots\dots(43)$$

$$-P_i - \text{tg}^{-1}(\omega_i T) = \omega_i T_d \dots\dots\dots(44)$$

$$\Omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) \dots\dots\dots(45)$$

$$T_d = (\Omega \Omega^T)^{-1} \Omega \begin{bmatrix} -P_1 - \text{tg}^{-1}(\omega_1 T) \\ -P_2 - \text{tg}^{-1}(\omega_2 T) \\ \vdots \\ -P_n - \text{tg}^{-1}(\omega_n T) \end{bmatrix} \dots\dots\dots(46)$$

5.15 输入轴失准角

5.15.1 测试目的

测量  $IA$  相对于  $IRA$  的对准误差。

5.15.2 测试设备

主要测试设备如下：

- a) 具有角度读数的速率转台；
- b) 光纤陀螺仪输出测量和记录装置；
- c) 直角测试固定装置。

5.15.3 测试方法

将光纤陀螺仪安装在速率台的固定装置上，使  $IRA$  垂直于速率台旋转轴线，对准精度在规定值内。按 4.1 规定的标准测试条件操作光纤陀螺仪。

由速率转台提供一个正速率，并记录若干圈的光纤陀螺仪输出。重复以上测试。输入为负速率，光纤陀螺仪绕  $IRA$  旋转  $90^\circ$ ，在转台正负速率下重复测试。建议输入速率为转台允许较大角速度。

如果  $IA$  方向误差较大，应调整初始安装位置使  $ox$  与速率台旋转轴平行。第二个安装位置，应使  $oy$  对准速率台旋转轴。

如果要求消除测试安装误差，则将光纤陀螺仪绕  $IRA$  相对固定装置旋转大致  $180^\circ$ ，重复以上测试，记为第三、四位置。

5.15.4 计算方法

由 5.15.3 获得的数据，用 5.8.1 获得的光纤陀螺仪标度因数  $K$  计算失准角  $\alpha$ ，见公式(47) ~ (49)：

$$\delta_1 = \frac{(F_{(1+)} - F_{(1-)})K}{2\Omega} \dots\dots\dots(47)$$

$$\delta_2 = \frac{(F_{(2+)} - F_{(2-)})K}{2\Omega} \dots\dots\dots(48)$$

$$\alpha = \sin^{-1}(\delta_1^2 + \delta_2^2)^{1/2} \dots\dots\dots(49)$$

如果有第三、四位置，则失准角  $\alpha$  计算方法为公式(50)：

$$\alpha = \sin^{-1}(\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2)^{1/2} \dots\dots\dots(50)$$

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 军 用 标 准

光 杆 陀 螺 仪 测 试 方 法

GJB 2426A - 2004

\*

国 防 科 工 委 军 标 出 版 发 行 部 出 版

(北 京 东 外 京 顺 路 7 号)

国 防 科 工 委 军 标 出 版 发 行 部 印 刷 车 间 印 刷

国 防 科 工 委 军 标 出 版 发 行 部 发 行

版 权 专 有 不 得 翻 印

\*

开 本 880 × 1230 1/16 印 张 1 1/2 字 数 42 千 字

2004 年 11 月 第 1 版 2004 年 11 月 第 1 次 印 刷

印 数 1 - 400

\*

军 标 出 字 第 5694 号 定 价 12.00 元