

石英挠性加速度计 V1.51

ACC3



特点

-  单轴
-  测量范围: $\pm 60g$
-  输出信号: mA
-  带宽: 800~2500 Hz

应用领域



UAV 导航

各种空中载体飞行导航



机器人导航

陆载车导航



AUV 导航

ROV 导航



1-产品描述

ACC3 系列石英挠性加速度计是一款小型化、高精度的惯导级加速度计，适用于大量军事应用。该产品具有优异的长期稳定性、重复性、启动性能、环境适应性和高可靠性，可用于静态和动态测试。它也是标准的振动传感器和倾斜传感器。

该产品采用独特的小型化设计和封装工艺，输出电流与力或加速度呈线性关系，用户可计算并选择合适的采样电阻，实现高精度输出。并根据用户需要内置温度传感器，用于补偿值和比例因子，降低环境温度的影响。

应用领域：航天、航空、舰船、兵器等领域的军用惯性导航系统的惯性测量及精密仪器设备的隔振试验和倾斜试验。

2-性能特点

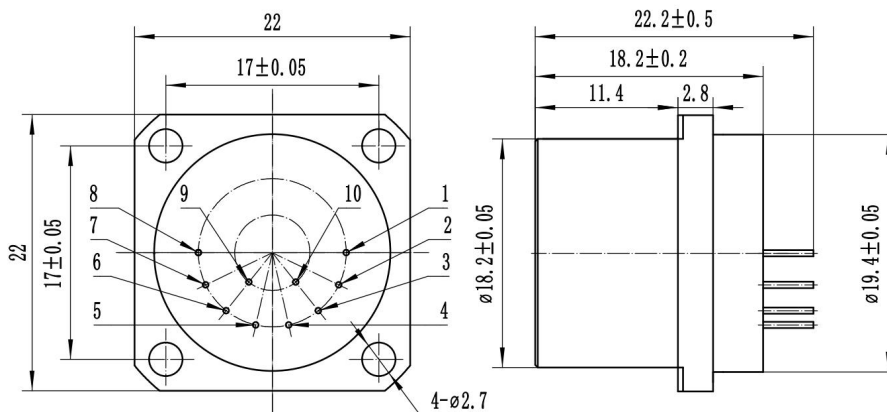
序号	参数	ACC3-01	ACC3-02	ACC3-03
1	范围	±60g	±60g	±60g
2	阈值/分辨率	5ug	5ug	5ug
3	零偏 K0/K1	≤ (±5mg)	≤ (±5mg)	≤ (±5mg)
4	比例因子 KL	1.0±0.2 mA/g	1.0±0.2 mA/g	0.6±0.2mA/g
5	二阶非线性系数 K2/K1	≤±20μg/G2	≤±30μg/G2	≤±20μg/G2
6	0g 4 小时短时间稳定性	≤10μg	≤20μg	≤20μg
7	1G 4 小时短时稳定性	≤10 ppm	≤20 ppm	≤20 ppm
8	零偏漂移 Sigma K0 (1σ, 一个月)	≤15μg	≤50μg	≤50μg
9	比例因子的可重复性 SigmaKL/KL (1σ, 一个月)	≤15ppm	≤50 ppm	≤50ppm
10	二级非线性系数重复性 K2/K1 (1σ, 一个月)	≤±20μg/G2	≤±30μg/G2	≤±30μg/G2
11	零偏温度系数	≤±15μg/°C	≤±50μg/°C	≤±50μg/°C
12	比例因数温度系数	≤±15 ppm/°C	≤±80 ppm/°C	≤±50 ppm/°C
13	噪声 (样品电阻 840Ω)	≤5mV	≤8.4mV	≤8.4mV
14	固有频率	350~800Hz	350~800Hz	350~800Hz
15	带宽	800~2500Hz	800~2500Hz	800~2500Hz
16	震动	10G (20-2000Hz)	10G (20-2000Hz)	10G (20-2000Hz)
17	抗冲击	150G, 4.5ms 1/2sin	150G, 4.5ms 1/2sin	150G, 0.5ms, 1/2sin
18	温度范围	-55-+85°C	-55-+85°C	-55-+85°C

©COPYRIGHT 2013, FIREPOWER TECHNOLOGY.

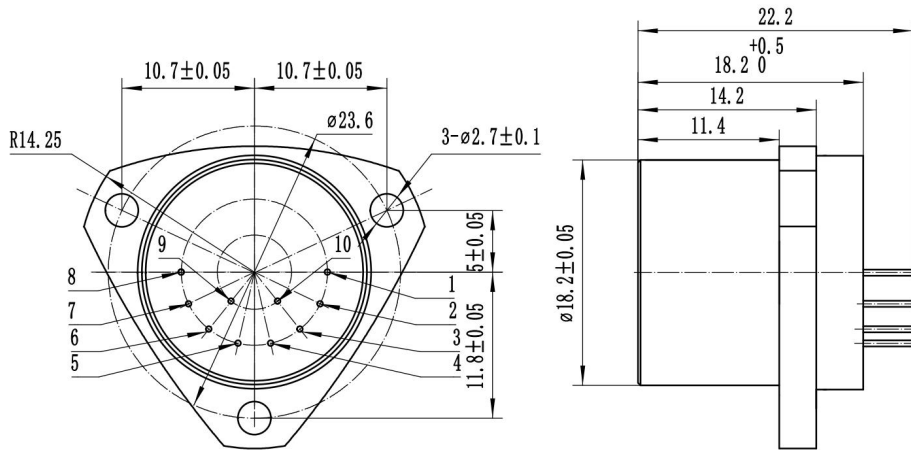
19	存储温度范围	-60-+120°C	-60-+120°C	-60-+120°C
20	供电	±12~±15V	±12~±15V	±12~±15V
21	电流	≤±20mA	≤±20mA	≤±20mA
22	温度传感器	选项	选项	选项
23	尺寸	Φ18.2x23mm	Φ18.2x23mm	Φ18.2x23mm
24	重量	≤30g	≤30g	≤30g

免责声明：规格如有更改，恕不另行通知。“火丰”保留对本协议中的任何产品或技术进行更改的权利，以提高可靠性、功能或设计。

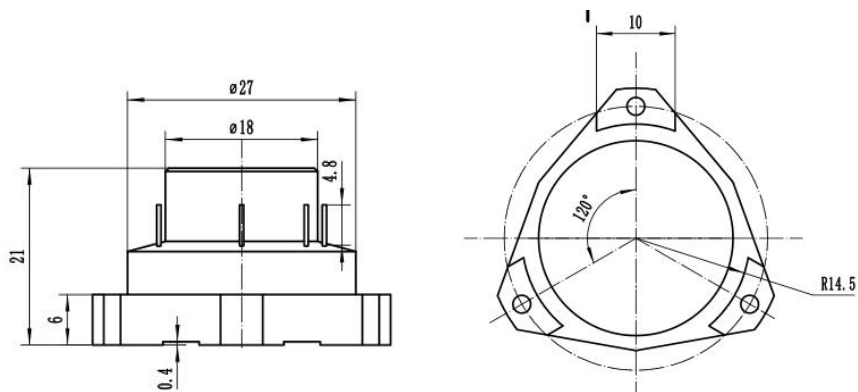
3.配置图及界面



方形轮廓 1



三角形的轮廓 2



倒三角形的轮廓线 3



4.测试方法

4.1 范围

加速计的技术要求见第 3 节。

4.2 适用文件

IEEE 1293-1998:线性、单轴、非陀螺加速计的IEEE标准规范格式指南和试验程序

IEEE 337-1972:线性、单轴、悬垂、模拟、扭矩平衡加速计的IEEE标准规范格式指南和试验程序

IEEE 530-1978:线性、单轴、数字、扭矩平衡加速计的IEEE标准规范格式指南和试验程序

IEEE 836-2001:线性加速度计精密离心试验的IEEE推荐规程

IEEE 836-2001:惯性传感器测试设备、仪器、数据采集和分析的IEEE推荐做法

IEEE 528-2001:IEEE标准惯性传感器术语

4.3 要求

本文件中未规定的加速计要求应符合 2 中提及的文件。



4.3.1 类型

加速计应为线性、单轴、扭矩平衡和非陀螺仪。

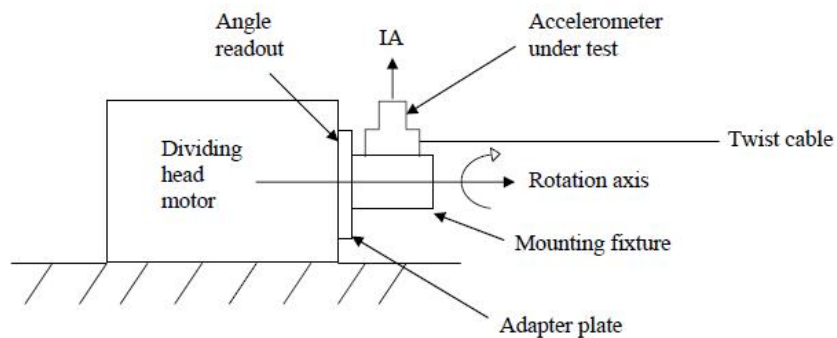
4.3.2 应用

加速度计应用于航空航天器的惯性导航和控制系统。

4.3.3 比例因子参数

零偏/比例因子/二阶非线性重复性测量所需的仪器如下所示:

- 用于旋转加速度计的多齿分度头
- 用于固定加速度计的旋转夹具
- 改变测量温度的环境试验舱
- 用于读取和存储加速度计测量结果的电子设备





重复性测试设备

图 1:加速度计旋转测试装置的布局

4.3.4 比例因子

加速计的比例系数应为 1 ± 0.15 或 $0.8 \pm 0.2 \text{mA/G}$ 。比例系数的计算如下:

$$K_1 = \frac{I_0 + I_{180}}{2} \quad (1)$$

$K_1 = \text{Scale factor}$

$I_0 = \text{The output of the Accelerometer at } 0^\circ \text{ } \vec{TA} \text{ antiparallel to } \vec{g}$

$I_{180} = \text{The output of the Accelerometer at } 180^\circ \text{ } \vec{TA} \text{ parallel to } \vec{g}$

4.3.5 比例因子温度系数



温度系数值测试装置

加速度计的标度因数温度系数应小于 50ppm/°C。标度因数温度系数的计算如下:

$$\zeta_{K_1}(T_1 \dots T_2) = \frac{K_1(T_2) - K_1(T_1)}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

$\zeta_{K_1}(T_1 \dots T_2)$: Scale factor temperature coefficient between T_1 and T_2

T_1 : Initial temperature

T_2 : Final Temperature

$K_1(T_1)$: Scale factor at T_1

$K_1(T_2)$: Scale factor at T_2

我们将从 -55°C ~ +85°C 进行测试，温度点从 -55°C、-35°C、-15°C、5°C、25°C、

45°C、65°C、85°C

温度系数 δK_1 (-55°C ~ +85°C) = $[\delta (-55°C \sim -35°C) + \delta (-35°C \sim -15°C) + \delta (-15°C$

~+5°C) +δ5 (+5~+25°C) +δ25 (+25~+45°C) +δ45~+65°C+δ65~+85°C]/7

4.3.6 刻度系数重复性 (1/3 个月)

加速度计的标度因数重复性 (1/3 个月) 应为 30ppm或 50ppm。比例因子重复性

(1/3 个月) 的计算应如下所示 (在初次测量后, 应关闭加速度计) :

加速度计的标度因数重复性 (1/3 个月) 应小于 50ppm。刻度系数重复性 (1/3 个

月) 的计算应如下所示 (在初始测量后, 应关闭加速度计) : 我们将测试 10 次 (10

天一次) , 我们将得到 10 个数据 $K_1(0)$, $K_1(1)$, $K_1(2)$, $K_1(3)$, $K_1(4)$, $K_1(5)$, $K_1(6)$, $K_1(7)$, $K_1(8)$, $K_1(9)$

(8) 、 $K_1(9)$

$$\bar{k}_1 = \frac{\sum_{i=0}^9 k_1(i)}{10}$$

$$\sigma_{k_1} / \bar{k}_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^9 (k_1(i) - \bar{k}_1)^2}{10-1}} / \bar{k}_1$$

4.4 零偏参数

零偏测量所需的仪器与比例因子测量相同。

4.4.1 零偏

加速度计的零偏应小于 4 mg。零偏计算如下:

$$K_0 = \frac{I_{270} - I_{90}}{2 \times K_1} \quad (4)$$

$$K_0 = Bias$$

I_{270} = The output of the Accelerometer at 270°

I_{90} = The output of the Accelerometer at 90°

4.4.2 零偏温度系数

测试设备与比例因子相同

加速度计的零偏温度系数应为 50μg/°C。零偏温度系数的计算应如下所示:

$$\zeta_{K_0}(T_1 \dots T_2) = \frac{K_0(T_2) - K_0(T_1)}{T_2 - T_1} \quad (5)$$

$\zeta_{K_0}(T_1 \dots T_2)$: Bias temperature coefficient between T_1 and T_2

T_1 : Initial temperature

T_2 : Final Temperature

$K_0(T_1)$: Bias at T_1

$K_0(T_2)$: Bias at T_2

我们将从 -55°C ~ +85°C 进行测试，温度点从 -55°C、-35°C、-15°C、5°C、25°C、45°C、65°C、85°C

温度系数 δK_0 (-55 ~ +85 °C) = [δ (-55 ~ -35 °C) + δ (-35 ~ -15 °C) + δ UNK7-15 ~ +5 °C) + δ UNK9+5 ~ +25 °C (0 + δ (1+25 ~ +45 °C (2 + δ (3+45 ~ +65°C (4+ δ (5+65 ~

4.4.3 零偏重复性 (1/3 个月)

加速度计的零偏重复性 (1 个月) 应小于 20μg 或 40μg。零偏重复性 (1 个月) 的计算应如下所示 (初始测量后应关闭加速计) :

(根据技术指标要求决定是否使用 1 个月或 3 个月标准)

$$\Delta_{K_0}(0 \dots 3M) = \frac{K_0(3M) - K_0(0)}{2} \quad (6)$$

$\Delta k_0(0 \dots 3M)$: Bias repeatability for 3 months

$k_0(3M)$: Bias measurement after 3 months

$k_0(0)$: Initial bias measurement

加速度计的零偏重复性 (1/3 个月) 应小于 20 μ g或 40 μ g。零偏重复性 (1/3 个月) 的计算应如下所示 (加速度计应在初始测量后关闭) : 我们将测试 10 次 (10 天一次) , 我们将得到 10 个数据 $k_0(0)$, $k_0(1)$, $k_0(2)$, $k_0(3)$, $k_0(4)$, $k_0(5)$, $k_0(6)$, $k_0(7)$, $k_0(8)$, $k_0(9)$

$$\bar{k}_0 = \frac{\sum_{i=0}^9 k_0(i)}{10}$$

$$\sigma k_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^9 (k_0(i) - \bar{k}_0)^2}{10 - 1}}$$

4.4.4 零偏漂移

加速度计的零偏漂移应小于 100μg。零偏漂移的计算如下:

采集并记录 30 个加速计测量值, 每个测量值在 30 秒内取平均值。

零偏漂移是这 30 次测量的标准零偏。

随机振动下的零偏漂移变化

在随机振动之前、期间和之后, 加速度计的零偏漂移变化应为 50μg。零偏漂移变化的计算如下:

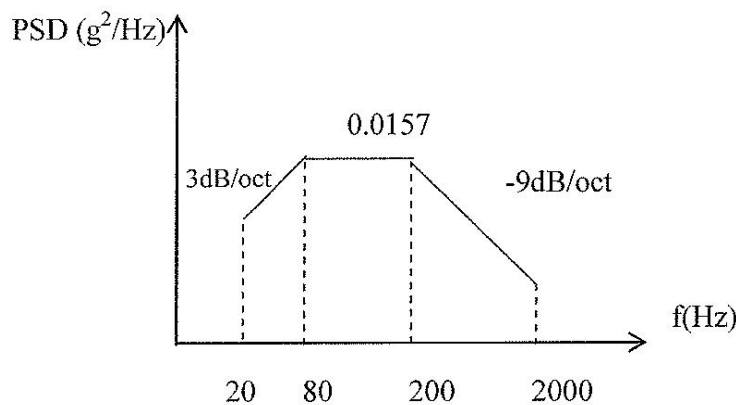


图 2:随机振动曲线

$$\Delta K_0(i \rightarrow v) = K_0(v) - K_0(i) \quad (7)$$

$$\Delta K_0(v \rightarrow f) = K_0(f) - K_0(v) \quad (8)$$

$\Delta K_0(i \rightarrow v)$: The variation between the averages of bias drift during and before the random vibration, respectively

$K_0(v)$: The average of the bias drift during the random vibration

$K_0(t)$: The average of the bias drift before the random vibration

$\Delta K_0(v \rightarrow f)$: The variation between the averages of bias drift after and during the random vibration, respectively

$K_0(f)$: The average of the bias drift after the random vibration

4.4.5 零偏不稳定性

加速度计的零偏不稳定性应小于 $10\mu g$ 。应根据Allan方差曲线的值确定零偏不稳定性，其中斜率为 0。

4.5 轴未对准参数

轴未对准测量所需的仪器与比例因子测量相同。

4.5.1 轴线错位

加速度计的轴线零偏应小于 2000μ 拉德。轴线零偏的计算如下：

$$\Omega \uparrow = \frac{(I_{270 \uparrow}) - (I_{90 \uparrow})}{2 + K_1} \quad (9)$$

$$\Omega \rightarrow = \frac{(I_{270 \rightarrow}) - (I_{90 \rightarrow})}{2 + K_1} \quad (10)$$

$\Omega \uparrow$ = Axis misalignment corresponding to original measurement position

$I_{270 \uparrow}$: The output of the Accelerometer at 270° for original measurement position

$I_{90 \uparrow}$: The output of the Accelerometer at 90° for original measurement position

$\Omega \rightarrow$: *Axis misalignment corresponding to the measurement*

position, where the Accelerometer is rotated 90° clockwise

$I_{270} \rightarrow$: *The output of the Accelerometer at 270° for the measurement*

position, where the Accelerometer is rotated 90° clockwise

$I_{90} \rightarrow$: *The output of the Accelerometer at 90° for the measurement*

position, where the Accelerometer is rotated 90° clockwise

4.5.2 轴线未对准重复性

加速度计的轴线零偏重复性应小于 500 μ rad。轴不对中重复性的计算应如下所示(初始测量后应关闭加速计) :

$$\Delta\Omega \uparrow = \frac{(\Omega \uparrow_f) - (\Omega \uparrow_i)}{2} \quad (11)$$

$$\Delta\Omega \rightarrow = \frac{(\Omega \rightarrow_f) - (\Omega \rightarrow_i)}{2} \quad (12)$$

$\Delta\Omega \uparrow$: *Axis misalignment repeatability for original measurement*

position

$\Omega \uparrow_f$: *Final axis misalignment for original measurement position*

$\Omega \uparrow_i$: *Initial axis misalignment for original measurement position*

$\Delta\Omega \rightarrow$: *Axis misalignment repeatability for rotated measurement*

position

$\Omega \rightarrow_f$: *Final axis misalignment for rotated measurement position*

Ω →; *Initial axis misalignment for rotated measurement position*

4.6 非线性参数

非线性参数所需的仪器与比例因子测量相同。

4.6.1 二阶非线性

加速度计的二阶非线性应小于 20μg/G²。加速度计的二阶非线性的测量和计算如下：

在每个分度头角度 $\theta = 0^\circ, \theta_n, 2\theta_n, \dots, k\theta_n, (n-1)\theta_n$ 时，记录每个单独位置在时间 t 内平均的 m 个加速计测量值 (E_0)，其中 $\theta_n = 360/n$ ， n 、 m 和 K 为整数，且 $0 \leq k \leq n-1$ 。

1. 取每个单独位置的 M 个测量值的平均值。
2. 计算每个位置平行于加速度计测量轴的重力加速度分量

$$\alpha = -\frac{\cos(k + \theta_n) \times \pi}{180} \quad (13)$$

3. 对 2 中计算的加速计测量值和 3 中计算的重力加速度分量之间的值进行二阶

方程拟合：

$$E_0 = K_0 + K_1 \times \alpha + K_2 \times \alpha^2 \quad (14)$$

K_2 : *Second order nonlinearity*

4.6.2 二阶非线性重复性 (1/3 个月)

加速度计的二阶非线性重复性 (1/3 个月) 应小于 20μg/G²。二阶非线性重复性 (1/3 个月) 的计算应如下所示 (初始测量后应关闭加速计)：

加速度计的二阶非线性重复性 (1/3 个月) 应小于 20μg/G²。零偏重复性 (1/3 个月) 的计算应如下所示 (加速度计应在初始测量后关闭) : 我们将测试 10 次 (10 天一次) , 我们将得到 10 个数据 $k_2(0)$, $k_2(1)$, $k_2(2)$, $k_2(3)$, $k_2(4)$, $k_2(5)$, $k_2(6)$, $k_2(7)$, $k_2(8)$, $k_2(9)$

$$\bar{k}_2 = \frac{\sum_{i=0}^9 k_2(i)}{10}$$

$$\sigma k_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^9 (k_2(i) - \bar{k}_2)^2}{10 - 1}}$$

4.6.3 不对称

加速度计的不对称性应小于 50ppm。不对称计算如下:

$$\Delta K_1 = \frac{K_1(+)-K_1(-)}{K_1} \tag{16}$$

ΔK_1 : Asymmetry

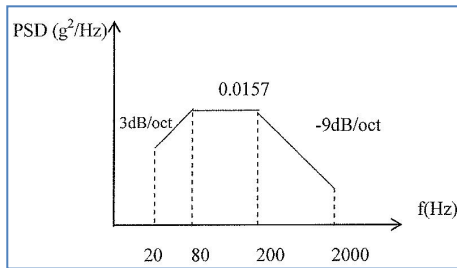
$K_1(+)$: Scale factor coefficient for positive accelerations



$K_1(-)$: Scale factor coefficient for negative accelerations

4.7 带宽

加速度计的带宽应大于 60Hz。应在数字控制的振动平台上进行测量。带宽定义为相移 90°对应的频率。



4.8 角随机游动

加速度计的角随机游动应小于 $50\mu g/\sqrt{Hz}$ 。角度随机游走应根据 Allan 方差曲线的值确定，其中斜率为 1。

4.9 加速范围

加速度计的测量范围应大于 $\pm 50g$ 。应在离心平台上进行测量。加速计应进行至少 50g 的有意义的最大加速度测量。

震动

加速计应能抵抗 20-2000Hz 之间的 15g 振幅的振动。应在数字控制的振动平台上进行测量。加速度计应在从 20Hz 到 2000Hz 扫描的 5g 振幅的振动下进行有意义的加速度测量。

抗冲击

加速计应能抵抗持续时间为 11 ms、振幅为 100g 的半正弦波冲击。应在数控机械冲击平台上进行测量。加速度计应在振幅为 100g、持续时间为 11ms 的半正弦波机械冲击下进行有意义的加速度测量。

工作温度

加速计应能在 -55°C 和 125°C 之间工作。测量应在环境控制室中进行。加速计应在 -55°C 和 125°C 之间进行有意义的加速度测量。

分辨率

用于加速计测量的电子读数装置的分辨率应小于 5 μ g。

体重

加速计应轻于 80gr。

4.10 EMI/EMC 要求

卖方应提供关于其质量标准、用于 EMI/EMC 合规性的设计程序、用于 EMI/EMC 合规性的标准以及异常频率及其电平（如有）的信息。

4.11 校准要求

卖方应定义并提出相关设备、工具及其规格以及加速计用户级校准的相关培训。提议。

定期性能检查和自检卖方应在建议书中规定加速度计的参数。

5-质量保证条款

所提供的产品应符合本规范的显著特征；符合卖方的图纸、规范、标准和质量保证惯例。

在根据合同进行验收之前，应对加速计进行质量一致性检查。如果加速计未能通过检查、



测试或检验，则应拒收。买方保留要求提供此类一致性证明的权利。

应按照买方决定的预先描述的过程，通过操作加速度计进行不少于两次的操作试验。在这些试验之后，加速计应被接受。