



中华人民共和国国家标准

GB/T 45571—2025

线加速度计通用技术规范

General specification for linear accelerometers

2025-04-25 发布

2025-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术要求 4

 4.1 设计要求 4

 4.2 一般特性要求 6

 4.3 性能要求 7

 4.4 可靠性要求 12

 4.5 环境适应性要求 13

5 试验方法 14

 5.1 试验条件 14

 5.2 一般特性检查 15

 5.3 性能要求试验 16

 5.4 可靠性试验 22

 5.5 环境适应性 22

6 检验规则 25

 6.1 检验分类 25

 6.2 鉴定检验 25

 6.3 质量一致性检验 28

7 标志、包装、运输、贮存 29

 7.1 标志 29

 7.2 包装 29

 7.3 运输 29

 7.4 贮存 29

附录 A（资料性） 摆式线加速度计工作原理及其数学模型 30

 A.1 摆式线加速度计完整数学模型 30

 A.2 摆式线加速度计简化模型 31

附录 B（资料性） 典型领域线加速度计产品特征 33

 B.1 航天领域用典型线加速度计产品特征 33

 B.2 航空领域用典型线加速度计产品特征 35

 B.3 船舶领域用典型线加速度计产品特征 37

 B.4 车辆领域用典型线加速度计产品特征 39

B.5 石油领域用典型线加速度计产品特征 40

B.6 地质领域用典型线加速度计产品特征 41

附录 C（资料性） 线加速度计测试原理及工作模型 43

附录 D（资料性） 线加速度计温度模型 44

 D.1 加速度计温度模型..... 44

 D.2 加速度计温度模型矩阵表达式..... 44

附录 E（资料性） 线加速度计离心模型 45

 E.1 加速度计离心模型..... 45

 E.2 加速度计离心修正模型..... 45

参考文献 46

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本文件起草单位：北京自动化控制设备研究所、北京航天控制仪器研究所、航天科工惯性技术有限公司、清华大学、中航工业西安飞行自动控制研究所、天津航海仪器研究所、哈尔滨工业大学、西安航天精密机电研究所、中国航天标准化研究所、中国标准化研究院、南京理工大学、东南大学、之江实验室、中国工程物理研究院电子工程设计所、中国科学院地质与地球物理研究所、北京航空航天大学。

本文件主要起草人：于湘涛、张春京、魏超、彭振新、韩丰田、张习文、聂鲁燕、魏纪林、任顺清、付秀娟、徐国栋、张宇航、李贺、杨杏敏、李平、韩旭、张晶、黄丽斌、杜瑞娟、田丰、马赛、程越、刘瑞、吴楠、于皓、顾文华、陈雪冬、薛旭、冉龙俊、汤莉、周晓俊。

线加速度计通用技术规范

1 范围

本文件规定了线加速度计的技术要求、检验规则及标志、包装、运输、贮存,描述了相应的试验方法。
本文件适用于航天、航空、船舶、车辆、石油、地质等领域应用的线加速度计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.3 环境试验 第2部分:试验方法 试验Cab:恒定湿热试验

GB/T 2423.5 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击

GB/T 2423.15 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ga和导则:稳态加速度

GB/T 2423.16 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验J及导则:长霉

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Ka:盐雾

GB/T 2423.21 电工电子产品环境试程 第2部分:试验方法 试验M:低气压

GB/T 2423.22 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化

GB/T 2423.27 环境试验 第2部分:试验方法 试验方法和导则:温度/低气压或温度/湿度/低气压综合试验

GB/T 2423.56 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fh:宽带随机振动和导则

GB/T 4937.18 半导体器件 机械和气候试验方法 第18部分:电离辐射(总剂量)

GB/T 13983 仪器仪表基本术语

GB/T 32304 航天电子产品静电防护要求

GB/T 34522 航天器热真空试验方法

3 术语和定义

GB/T 13983 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

加速度计 **accelerometer**

一种测量线加速度或角加速度的惯性传感器。

3.2

比力 **specific force**

作用在单位质量上的惯性力与引力的矢量和。

3.3

线加速度计 linear accelerometer

测量输入轴上比力的加速度计。

注：按检测质量运动方式分为：摆式加速度计、非摆式加速度计等。

按支承方式分为：挠性加速度计、液浮加速度计、气浮加速度计、机械支承加速度计、磁悬浮加速度计、静电加速度计等。

按信号敏感方式分为：电容式加速度计、谐振式加速度计、电感式加速度计、压阻式加速度计、压电式加速度计、光电式加速度计等。

其他新原理加速度计：原子加速度计等。

3.4

输入轴 input axis; IA

比力作用线加速度计产生最大输出的轴。

3.5

输入基准轴 input reference axis; IRA

由线加速度计壳体安装面或壳体外部标志(或两者一起)所规定方向的轴,一般平行于输入轴。

3.6

输出轴 output axis; OA

相对线加速度计壳体固定的轴。

注：即挠性铰链轴,其方向由输入轴和摆轴矢量积确定, $\vec{OA} = \vec{IA} \times \vec{PA}$ 。

3.7

输出基准轴 output reference axis; ORA

由线加速度计壳体安装面或壳体外部标志(或两者一起)所规定方向的轴,名义上平行于输出轴。

3.8

摆轴 pendulous axis; PA

通过线加速度计有效检测质量的质心,与输出轴垂直且相交的轴。

注：摆轴的正方向定义为垂直于输出轴且指向检测质量质心的方向。

3.9

摆基准轴 pendulous reference axis; PRA

由线加速度计壳体安装面或壳体外部标志(或两者一起)所规定方向的轴,名义上平行于摆轴。

3.10

摆状态 pendulum position

线加速度计安装于卧式旋转轴的安装面上,输入轴水平、输出轴平行于旋转轴的安装状态。

3.11

门状态 door pivot position

线加速度计安装于卧式旋转轴的安装面上,输入轴水平、摆轴平行于旋转轴的安装状态。

3.12

偏值 bias

在输入比力为零且无转动的工作条件下,规定时间内线加速度计的平均输出量。

3.13

偏值稳定性 bias stability

在相同测试条件下,偏值在规定时间内的一致性程度。

3.14

偏值重复性 bias repeatability

在相同测试条件下,线加速度计断续工作时,重复测量的偏值离散程度。

3.15

偏值温度系数 bias temperature coefficient

偏值相对工作温度的灵敏度。

3.16

偏值不对称性 bias asymmetry

正比力输入和负比力输入两种情况下,测得偏值之间的差值。

3.17

标度因数 scale factor

输出信号变化与输入加速度变化的比值。

注:一般以输出输入数据按最小二乘法拟合的直线斜率表示。



3.18

标度因数稳定性 scale factor stability

在相同测试条件下,标度因数在规定时间内的一致性程度。

3.19

标度因数重复性 scale factor repeatability

在相同的测试条件下,线加速度计断续工作时,重复测量的标度因数离散程度。

3.20

标度因数温度系数 scale factor temperature coefficient

标度因数相对工作温度的灵敏度。

3.21

标度因数不对称性 scale factor asymmetry

正比力输入和负比力输入两种情况下,标度因数差值与标度因数均值的比值。

3.22

非线性系数 nonlinearity

线加速度计工作范围内输出与输入直线拟合的系统性偏差,一般表示为满量程输出的百分数或提供的非线性系数,即 n 阶非线性系数或 n 次项系数($n \geq 2$ 且 n 为整数)。

3.23

输入轴失准角 input axis misalignment

线加速度计输入轴与输入基准轴之间的夹角。

3.24

交叉耦合系数 cross-coupling coefficient

沿线加速度计的输入基准轴及其垂直方向都有比力作用时,线加速度计输出中与这两个比力的乘积成比例的系数。

3.25

分辨率 resolution

在规定的输入范围内,能敏感的最小比力增量。该增量所产生的比力增量至少等于按标度因数所期望的输出增量值的 50%。

3.26

阈值 threshold

线加速度计最小输入的最大绝对值,其产生的输出至少等于按标度因数所期望输出的 50%。

3.27

死区 dead zone

线加速度计输入量变化引起的输出变化小于理论输出值的 50%(或其他量)在的有限区域。

3.28

输入量程 input range

线加速度计所能测量的最大输入加速度值(包括冲击和振动),在该测量范围内,对输入量所产生的输出量应符合规定的指标要求。

3.29

带宽 bandwidth

线加速度计对数频率特性中,幅值-3 dB 对应的频率范围。

3.30

谐振频率 resonance frequency

线加速度计幅频特性曲线峰值处的频率,其峰值的大小为谐振峰。

3.31

振动整流误差 vibration rectification error

作用在线加速度计上振动加速度引起的输出量中的常值误差。

3.32

振动整流误差系数 vibration rectification error coefficient

线加速度计在振动期间所产生的振动整流误差与振动量级有效值平方的比值。

3.33

鉴定检验 qualification inspection

证实产品满足产品定型要求的某项试验或一系列试验的符合性评价。

3.34

交付检验 delivery inspection

将产品交付给订购方前,按产品规范进行试验的符合性评价。

3.35

例行检验 routine inspection

按产品规范规定的间隔时间(或批次)、试验数量和试验项目进行的批产产品质量可靠性、稳定性试验的符合性评价。

4 技术要求

4.1 设计要求

4.1.1 材料及元器件

4.1.1.1 材料

除另有规定外,线加速度计宜选用以下材料。

a) 石英材料一般指标:

- 1) 弹性模量 72 GPa~75 GPa;
- 2) 线性热膨胀系数 $0.01 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim 1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$;
- 3) 密度 $2\,200 \text{ kg/m}^3$;
- 4) 1 类无气泡。

b) 硅材料一般指标:

- 1) 弹性模量 130 GPa~190 GPa;
- 2) 线性热膨胀系数 $0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 2.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 胶黏剂材料一般指标:线性热膨胀系数小于 $1 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。
- d) 永磁材料一般指标:
 - 1) 铝镍钴材料磁能积 4 MGOe~15 MGOe;
 - 2) 铝镍钴材料剩磁温度系数小于 0.03%/°C;
 - 3) 钕铁硼材料磁能积 5 MGOe~35 MGOe;
 - 4) 钕铁硼材料剩磁温度系数小于 0.03%/°C。
- e) 软磁材料一般指标:
 - 1) 电磁纯铁类相对磁导率小于 12 000,线性热膨胀系数 $9.2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 11.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$;
 - 2) 低膨胀铁镍合金类相对磁导率小于 8 000,线性热膨胀系数小于 $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$;
 - 3) 铁镍磁性合金类相对磁导率 7.4~50,线性热膨胀系数小于 $14.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.1.2 材料填充物

线加速度计材料填充物宜选用:

- a) 气体:选择纯度高于 99% 的氮气,或氮气与惰性气体的混合气体,充入壳体的压力一般为 81 kPa~101 kPa;
- b) 液体:选用甲基硅油或氟氯油。

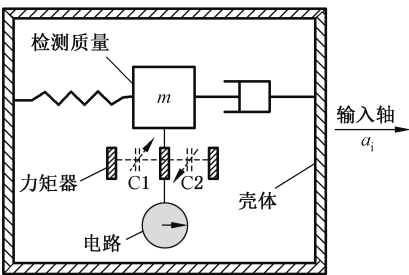
4.1.1.3 元器件

线加速度计元器件宜选用:

- a) 电子元器件:按相关规范选用并筛选;
- b) 光学元器件:按相关规范选用并筛选;
- c) 温度传感器:包括模拟温度传感器和数字温度传感器两种,特性符合相关规范要求。

4.1.2 结构

线加速度计一般由电路、壳体和检测质量组成,部分线加速度计还包括驱动器或力矩器,典型摆式线加速度计基本原理及组成如图 1 所示。线加速度计外形图上宜标明最大外形尺寸、安装尺寸、检测质量质心和轴系方向等。



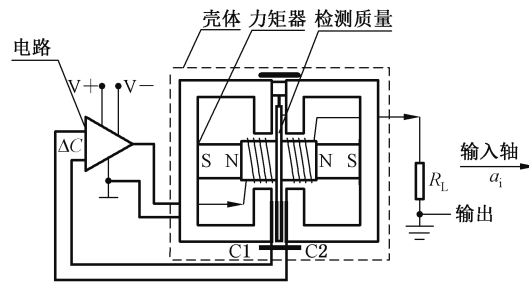
标引序号说明:

a_i ——载体加速度;

C1、C2——上下矩器极板电容。

a) 基本原理

图 1 典型摆式线加速度计基本原理及组成



标引序号说明：

N、S —— 电极；

R_L —— 采样电阻；

V+、V- —— 正负供电电源；

ΔC —— 电容差。

b) 基本组成

图 1 典型摆式线加速度计基本原理及组成 (续)

4.2 一般特性要求

4.2.1 外观

4.2.1.1 外观质量

线加速度计的外观应洁净、无锈蚀、无裂纹、无明显划伤、无镀涂层损坏等现象。

线加速度计的标识应完整、清楚。

线加速度计的机械接口与电气接口应牢固、无损伤。

4.2.1.2 外形尺寸

线加速度计外形尺寸应符合相关规范要求。

4.2.2 重量

除摆式积分陀螺加速度计外，线加速度计重量一般小于 0.5 kg。

4.2.3 绝缘电阻

线加速度计各端子之间、端子与壳体之间绝缘电阻一般大于 50 M Ω 。

4.2.4 安装与定位

线加速度计安装与定位方式、安装面、安装尺寸应符合相关规范要求。

4.2.5 绝缘介电强度

线加速度计电路之间、电路与壳体之间进行 1 min 绝缘介电强度试验，应无击穿、跳火花或电晕现象。

4.2.6 电源

线加速度计输入电源电压宜为 3 V~25 V，电流限流应大于 1 A，纹波峰值应小于 200 mV。

4.2.7 极性

加速度方向与线加速度计正向标志一致时，线加速度计输出应为正。

4.3 性能要求

4.3.1 主要性能指标

线加速度计输出数学模型宜符合附录 A 的要求,线加速度计的主要性能指标如表 1 所示,航天、航空、船舶、车辆、石油、地质等领域典型应用的线加速度计产品特征见附录 B。

表 1 线加速度计主要性能指标

序号	名称			单位
1	静态指标	偏值相关指标	偏值	g_0
2			偏值一次通电短期稳定性	μg_0
3			偏值一次通电长期稳定性	μg_0
4			偏值重复性	μg_0
5			偏值温度系数	$\mu g_0/^{\circ}\text{C}$
6			偏值温度模型残差	μg_0
7			偏值温度滞环	μg_0
8			偏值全温重复性	μg_0
9			偏值不对称性	μg_0
10		标度因数相关指标	标度因数	$\text{mA}/g_0, \text{V}/g_0, \text{s}^{-1}/g_0, \text{Hz}/g_0, \text{LSB}/g_0$
11			标度因数一次通电短期稳定性	1×10^{-6}
12			标度因数一次通电长期稳定性	1×10^{-6}
13			标度因数重复性	1×10^{-6}
14			标度因数温度系数	$1\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
15			标度因数温度模型残差	1×10^{-6}
16			标度因数温度滞环	1×10^{-6}
17			标度因数全温重复性	1×10^{-6}
18			标度因数不对称性	1×10^{-6}
19		输入轴失准角		rad
20		交叉耦合系数		$\mu g_0/g_0^2$
21		死区		μg_0
22		阈值		μg_0
23		静态分辨率		μg_0
24		动态分辨率		μg_0
25		$0g_0$ 稳定性		μg_0
26		$1g_0$ 稳定性		1×10^{-6}
27		$0g_0$ 变温滞环		μg_0

表 1 线加速度计主要性能指标（续）

序号	名称		单位		
28	静态指标	1g ₀ 变温滞环		1×10 ⁻⁶	
29		0g ₀ 启动重复性		μg ₀	
30		1g ₀ 启动重复性		1×10 ⁻⁶	
31		滞环		μg ₀	
32		0g ₀ 冷启动稳定性		μg ₀	
33		1g ₀ 冷启动稳定性		1×10 ⁻⁶	
34		密封性		Pa • m ³ /s	
35		输入量程		g ₀	
36		标度因数非线性		1×10 ⁻⁶	
37		非线性系数 相关指标	二阶非线性系数		μg ₀ /g ₀ ²
38			三阶非线性系数		μg ₀ /g ₀ ³
39		横向灵敏度		g ₀	
40		转角运动敏感性		g ₀ /(rad/s) ²	
41	动态指标	启动时间		s	
42		过渡过程	超调量		%
43			调整时间		s
44			振荡次数		次
45			阻尼比		—
46			带宽		Hz
47			谐振频率		Hz
48			振荡度		dB
49		噪声		μg ₀ /Hz ^{1/2}	
50			振动整流误差系数		μg ₀ /g ₀ ²
51	可靠性 指标	工作寿命		h	
52		贮存寿命		a	
53		平均无故障工作时间		h	
注：g ₀ =9.80 m/s ² 或当地重力加速度实测值。					

4.3.2 偏值相关指标

4.3.2.1 偏值

线加速度计偏值的绝对值一般小于 $3g_0$ 。

4.3.2.2 偏值一次通电短期稳定性

偏值一次通电短期稳定性一般小于 $500\mu g_0$ 。

4.3.2.3 偏值一次通电长期稳定性

偏值一次通电长期稳定性一般小于 $2\,000\ \mu g_0$ 。

4.3.2.4 偏值重复性

相同的状态下,线加速度计多次通电标定的标度因数的标准偏差一般小于 $2\,000\ \mu g_0$ 。

4.3.2.5 偏值温度系数

偏值温度系数在 $-40\ ^\circ\text{C} \sim 60\ ^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\ ^\circ\text{C} \sim 200\ ^\circ\text{C}$) ,一般小于 $500\ \mu g_0/^\circ\text{C}$ 。

4.3.2.6 偏值温度模型残差

在 $-40\ ^\circ\text{C} \sim 60\ ^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\ ^\circ\text{C} \sim 200\ ^\circ\text{C}$) ,固定温度点保温,建立温度与偏值之间的高阶非线性模型,理论值与试验值之间的残差一般小于 $1\,000\ \mu g_0$ 。

4.3.2.7 偏值温度滞环

在 $-40\ ^\circ\text{C} \sim 60\ ^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\ ^\circ\text{C} \sim 200\ ^\circ\text{C}$) 进行温度循环,在温度循环升降温过程中,相同温度点的偏值差值一般小于 $2\,000\ \mu g_0$ 。

4.3.2.8 偏值全温重复性

在 $-40\ ^\circ\text{C} \sim 60\ ^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\ ^\circ\text{C} \sim 200\ ^\circ\text{C}$) ,固定温度点保温测试,温度循环多次得到的最大偏值标准偏差一般小于 $2\,000\ \mu g_0$ 。

4.3.2.9 偏值不对称性

线加速度计偏值不对称性一般小于 $500\ \mu g_0$ 。

4.3.3 标度因数相关指标

4.3.3.1 标度因数

线加速度计类型较多,标度因数应符合相关规范要求,表示为 V/g_0 、 mA/g_0 、 s^{-1}/g_0 、 Hz/g_0 、 LSB/g_0 等。

4.3.3.2 标度因数一次通电短期稳定性

线加速度计的标度因数一次通电短期稳定性一般小于 500×10^{-6} 。

4.3.3.3 标度因数一次通电长期稳定性

线加速度计标度因数一次通电长期稳定性一般小于 $2\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.3.3.4 标度因数重复性

相同的状态下,线加速度计多次通电标定的标度因数的标准偏差一般小于 $2\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.3.3.5 标度因数温度系数

线加速度计标度因数温度系数在 $-40\ ^\circ\text{C} \sim 60\ ^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\ ^\circ\text{C} \sim 200\ ^\circ\text{C}$) ,

一般小于 $500 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。

4.3.3.6 标度因数温度模型残差

在 $-40\text{ }^\circ\text{C} \sim 60\text{ }^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\text{ }^\circ\text{C} \sim 200\text{ }^\circ\text{C}$)，固定温度点保温，建立温度与标度因数之间的高阶非线性模型，理论值与试验值之间的残差一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.3.3.7 标度因数温度滞环

在 $-40\text{ }^\circ\text{C} \sim 60\text{ }^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\text{ }^\circ\text{C} \sim 200\text{ }^\circ\text{C}$)进行温度循环，在温度循环升降温过程中，相同温度点标度因数差值与标度因数的比值一般小于 $2\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.3.3.8 标度因数全温重复性

在 $-40\text{ }^\circ\text{C} \sim 60\text{ }^\circ\text{C}$ 内(石油领域用线加速度计在 $60\text{ }^\circ\text{C} \sim 200\text{ }^\circ\text{C}$)，固定温度点保温测试，温度循环多次得到的最大标度因数标准偏差与标度因数的比值一般小于 500×10^{-6} 。

4.3.3.9 标度因数不对称性

线加速度计标度因数不对称性一般小于 500×10^{-6} 。

4.3.4 输入轴失准角

输入轴相对于输入基准轴绕输出基准轴(或摆基准轴)的输入轴失准角一般小于 5 mrad 。

4.3.5 交叉耦合系数

输入基准轴与输出基准轴之间交叉耦合系数、输入基准轴与摆基准轴之间交叉耦合系数一般小于 $100\text{ }\mu\text{g}_0/g_0^2$ 。

4.3.6 死区

线加速度计的死区一般在 $-50\text{ }\mu\text{g}_0 \sim +50\text{ }\mu\text{g}_0$ 。

4.3.7 阈值

线加速度计的阈值一般小于 $100\text{ }\mu\text{g}_0$ 。

4.3.8 静态分辨率

线加速度计的静态分辨率一般小于 $100\text{ }\mu\text{g}_0$ 。

4.3.9 动态分辨率

线加速度计的动态分辨率一般小于 $100\text{ }\mu\text{g}_0$ 。

4.3.10 0g_0 稳定性

在 0g_0 位置线加速度计连续通电大于 1 h ，输出与标度因数比值的标准偏差一般小于 $500\text{ }\mu\text{g}_0$ 。

4.3.11 1g_0 稳定性

在 1g_0 位置线加速度计连续通电大于 1 h ，输出与标度因数比值的标准偏差除以当地重力加速度一般小于 500×10^{-6} 。

4.3.12 $0g_0$ 变温滞环

在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内(石油勘探用线加速度计在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$), 在 $0g_0$ 状态, 变温速率 $T\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 升、降温过程中同一温度点线加速度计的输出差值与标度因数的比值, 其最大值一般小于 $2\ 000\ \mu g_0$ 。

4.3.13 $1g_0$ 变温滞环

在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 内(石油勘探用线加速度计在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$), 在 $1g_0$ 状态, 变温速率 $T\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 升、降温过程中同一温度点线加速度计的输出差值与标度因数的比值除以当地重力加速度, 其最大值一般小于 $2\ 000\times 10^{-6}$ 。

4.3.14 $0g_0$ 启动重复性

在 $0g_0$ 位置, 多次通断电的线加速度计启动重复性标准偏差一般小于 $2\ 000\ \mu g_0$ 。

4.3.15 $1g_0$ 启动重复性

在 $1g_0$ 位置, 多次通断电的线加速度计启动重复性标准偏差一般小于 $2\ 000\times 10^{-6}$ 。

4.3.16 滞环

线加速度计滞环一般小于 $500\ \mu g_0$ 。

4.3.17 $0g_0$ 冷启动稳定性

线加速度计 $0g_0$ 冷启动稳定性一般小于 $1\ 000\ \mu g_0$ 。

4.3.18 $1g_0$ 冷启动稳定性

线加速度计 $1g_0$ 冷启动稳定性一般小于 $1\ 000\times 10^{-6}$ 。

4.3.19 密封性

线加速度计的漏率一般小于 $1\times 10^{-5}\text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 。

4.3.20 输入量程

线加速度计输入量程一般大于 $1g_0$ 。

4.3.21 标度因数非线性

线加速度计标度因数非线性一般小于 $5\ 000\times 10^{-6}$ 。

4.3.22 非线性系数

4.3.22.1 二阶非线性系数

线加速度计二阶非线性系数一般小于 $300\ \mu g_0/g_0^2$ 。

4.3.22.2 三阶非线性系数

线加速度计三阶非线性系数一般小于 $100\ \mu g_0/g_0^3$ 。

4.3.23 横向灵敏度

横向灵敏度一般小于 $0.5g_0$ 。

4.3.24 转角运动敏感性

角速度敏感度系数一般小于 $200 \mu g_0/(\text{rad/s})^2$, 角加速度灵敏度系数一般小于 $200 \mu g_0/(\text{rad/s})^2$ 。

4.3.25 启动时间

线加速度计通电达到输出稳定的时间一般小于 20 s。

4.3.26 过渡过程

4.3.26.1 超调量

线加速度计超调量一般小于 50%。



4.3.26.2 调整时间

线加速度计调整时间一般小于 50 ms。

4.3.26.3 振荡次数

线加速度计振荡次数一般小于 4。

4.3.26.4 阻尼比

线加速度计阻尼比一般为 0.3~0.7。

4.3.27 频率响应

4.3.27.1 带宽

线加速度计幅值-3 dB 对应的频率一般大于 100 Hz。

4.3.27.2 谐振频率

线加速度计幅频特性曲线峰值处的谐振频率一般大于 100 Hz。

4.3.27.3 振荡度

线加速度计幅频特性曲线中谐振峰值与初始值比值一般小于 1.5。

4.3.28 噪声

线加速度计噪声的频域功率谱密度一般小于 $500 \mu g_0/\text{Hz}^{1/2}$, 有效值一般小于 $500 \mu g_0$ 。线加速度计的输出信号噪声包含自身本底噪声和环境扰动的响应噪声等。

4.3.29 振动整流误差系数

线加速度计经受振动时, 振动整流误差系数一般小于 $500 \mu g_0/g_0^2$ 。

4.4 可靠性要求

线加速度计的可靠性指标一般采用工作寿命、贮存寿命、平均无故障工作时间进行评价, 除另有规定外, 线加速度计工作寿命一般大于 1 000 h, 贮存寿命一般大于 5 a, 平均无故障工作时间一般大于 5 000 h。

4.5 环境适应性要求

4.5.1 低温

试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.2 高温

试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.3 低气压(高度)

试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。试验后, 对线加速度计密封性能进行测试, 应满足 4.3.19 的规定。

4.5.4 温度冲击

试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.5 热真空

试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.6 抗辐照

总剂量大于 $30\ \text{krad}(\text{Si})$, 试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.7 加速度

4.5.7.1 性能

试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.7.2 结构

试验前后线加速度计结构无残余变形、无裂痕和其他机械损伤。

4.5.8 振动

4.5.8.1 功能振动

试验前后线加速度计偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.8.2 耐久振动

试验后线加速度计工作状态不发生明显变化, 结构无残余变形、无裂痕和其他机械损伤。

4.5.9 冲击

4.5.9.1 功能适应性冲击

试验过程中及试验后线加速度计应能正常工作, 偏值一般小于 $1\,000\ \mu g_0$, 标度因数变化量一般小于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。

4.5.9.2 结构完好性冲击

试验后线加速度计应能正常工作,无失灵现象,结构无残余变形、无裂痕和其他机械损伤。

4.5.10 湿热

试验后线加速度计应符合以下要求:

- a) 电镀件的镀层和金属无明显腐蚀;
- b) 漆膜不得脱落,外观无明显变化和缺陷;
- c) 在恢复到试验场地的湿度和温度后,线加速度计应能正常工作。

4.5.11 霉菌

试验后线加速度计试件上允许轻微长霉,长霉等级不得超过 2 级。

注:长霉等级不超过 2 级是指:肉眼能明显看到长霉,但在试件表面上覆盖面积小于 30%。

4.5.12 盐雾

试验后线加速度计应符合以下要求:

- a) 线加速度计金属表面无明显发暗,结合处无严重腐蚀;
- b) 金属防护层腐蚀面积不超过保护面积的 30%;
- c) 涂漆层除局部边棱外,应无气泡、起皱、开裂或脱落,且金属未出现腐蚀,非金属材料无明显泛白、膨胀、起泡等。

4.5.13 磁环境

施加磁场前后线加速度计 $1g_0$ 位置输出变化量一般小于 $2\,000 \times 10^{-6}$ 。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 试验环境

试验及线加速度计产品恢复的环境应符合以下要求:

- a) 温度: $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $20\% \sim 80\%$;
- c) 气压:常压;
- d) 磁场:一般小于 $1 \times 10^{-4}\text{ T}$;
- e) 隔振基础倾角稳定性: 0.1 Hz 以内,有效值一般小于 $3 \times 10^{-6}\text{ rad}$;
- f) 隔振基础平移稳定性: $0.1\text{ Hz} \sim 100\text{ Hz}$ 范围,功率谱密度一般小于 $3 \times 10^{-6}\text{ g}_0/\text{Hz}^{1/2}$;
- g) 防静电等级按照 GB/T 32304,不低于 I 级。

5.1.2 机械安装条件

安装条件应满足以下要求:

- a) 线加速度计三个基准轴与安装夹具的三个轴线之间的安装误差一般小于 $5'$;

- b) 安装夹具安装面的粗糙度、与其他设备(如分度装置、离心机、振动台等)的安装面之间的垂直度和平行度应符合相关规范要求。

5.1.3 试验设备与仪器的精度

一般符合国家规定的有关标准,持有计量部门的检定合格证。测试设备和测试仪器的精度一般高于被测线加速度计性能指标 3 倍。

5.1.4 额定负载

试验应在额定负载下进行,额定负载应符合相关规范规定。

5.1.5 温度持续时间

包括线加速度计非工作状态、工作状态达到温度稳定的时间和性能测试所需的时间。

5.1.6 初始工作状态

线加速度计输出端应接有额定负载,沿其输入轴方向无加速度。

5.2 一般特性检查

5.2.1 外观



5.2.1.1 外观质量检查

用目视法进行外观检查,检测结果是否符合 4.2.1.1 要求。

5.2.1.2 外形尺寸检查

测量工具精度一般优于 0.02 mm,检测结果是否符合 4.2.1.2 要求。

5.2.2 重量检查

测量工具精度一般优于 0.1g,检测结果是否符合 4.2.2 要求。

5.2.3 绝缘电阻检查

线加速度计处于非工作状态,用兆欧表测量相互绝缘的各端子之间、端子与壳体之间绝缘电阻,其各点间的绝缘阻值是否符合 4.2.3 要求。

5.2.4 安装与定位

5.2.4.1 摆态测试安装要求

线加速度计摆态安装的起始位置应按图 2 要求,安装应符合 4.2.4 要求。线加速度计测试原理及工作模型见附录 C。

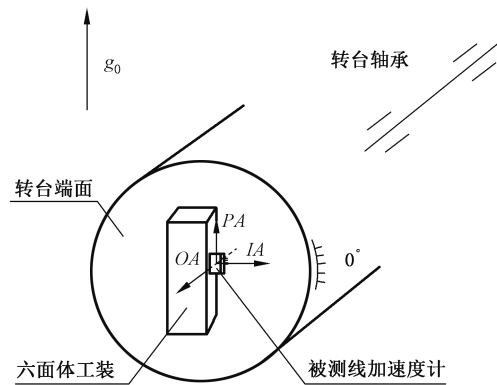


图2 摆状态安装起始测试位置

5.2.4.2 门态测试安装要求

线加速度计门态安装的起始位置应按图3要求,安装应符合4.2.4要求。

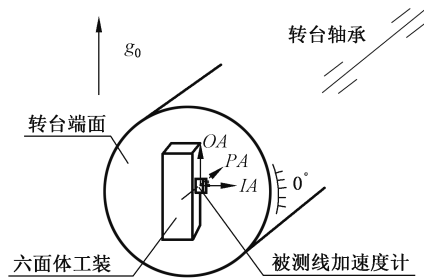


图3 门状态安装起始测试位置

5.2.5 绝缘介电强度

线加速度计处于非工作状态,将绝缘介电强度测试仪的电压均匀地上升至试验电压(升压速度以能跟踪判读电压表的指示为准),检查线加速度计是否符合4.2.5要求,无击穿、跳火花或电晕现象,将测试仪的电压降至最小,断开电路。绝缘介电强度试验不宜重复进行。

5.2.6 电源波动

线加速度计处于初始工作状态,将电源电压和频率调至极限值,线加速度计性能应正常。

5.2.7 极性检查

线加速度计处于初始工作状态,输入一个正向加速度,输出信号极性是否符合4.2.7要求。

5.3 性能要求试验

5.3.1 重力场特性

5.3.1.1 静态多位置翻滚试验

安装方式符合5.2.4要求。

分度装置角位置分别置于 0° 、 $\Delta\theta$ 、 $\dots$ 、 $k\Delta\theta$ 、 $\dots$ 、 $(n-1)\Delta\theta$,其中 $\Delta\theta=360^\circ/n$, n 和 k 为整数, $n\geq 2$,采集多组线加速度计输出,计算线加速度计模型方程系数,结果是否符合4.3.2.1、4.3.3.1、4.3.22.1的

要求。

以 $n=4$ 为例,标度因数 K_1 、偏值 K_0 、二次项系数 K_2 、安装误差 δ_0 或 δ_p 的计算公式如公式(1)~公式(5)所示。

$$K_1 = \frac{E_{90} - E_{270}}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

$$K_0 = \frac{E_0 + E_{180}}{2K_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$K_2 = \frac{-E_0 + E_{90} - E_{180} + E_{270}}{2K_1 g^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\delta_0 = \frac{E_{180} - E_0}{2K_1} \dots\dots\dots (4)$$

或

$$\delta_p = \frac{E_0 - E_{180}}{2K_1} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

E_0 、 E_{90} 、 E_{180} 、 E_{270} ——分别为线加速度计在分度装置 0° 、 90° 、 180° 、 270° 位置的平均值。

5.3.1.2 一次通电短期稳定性

安装方式符合 5.2.4 要求。

按相关规范规定的时间进行连续测试,偏值标准偏差是否符合 4.3.2.2,标度因数标准偏差与标度因数的比值是否符合 4.3.3.2 的要求。

5.3.1.3 一次通电长期稳定性

安装方式符合 5.2.4 要求。

按相关规范规定的时间进行连续测试,偏值标准偏差是否符合 4.3.2.3,标度因数标准偏差与标度因数的比值是否符合 4.3.3.3 的要求。

5.3.1.4 重复性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

按相关规范规定的时间间隔进行测试,采用 5.3.1.1 静态多位置翻滚试验方法标定偏值和标度因数,偏值标准偏差是否符合 4.3.2.4,标度因数标准偏差与标度因数的比值是否符合 4.3.3.4 的要求。

5.3.1.5 温度系数

安装方式应符合 5.2.4 要求。

工作温度范围内宜均匀设置多个温度点,在每一个温度点采用 5.3.1.1 静态多位置翻滚试验方法标定偏值和标度因数,偏值对温度的灵敏度是否符合 4.3.2.5,标度因数对温度的灵敏度是否符合 4.3.3.5 的要求。



5.3.1.6 温度模型

安装方式应符合 5.2.4 要求。

工作温度范围内宜均匀设置多个温度点,在每一个温度点采用 5.3.1.1 静态多位置翻滚试验方法标定偏值和标度因数,偏值、标度因数分别与温度进行最小二乘法拟合的残差是否符合 4.3.2.6、4.3.3.6 的要求。线加速度计温度模型见附录 D。

5.3.1.7 温度滞环

安装方式应符合 5.2.4 要求。

工作温度范围内宜均匀设置多个温度点,在每一个温度点采用 5.3.1.1 静态多位置翻滚试验方法标定偏值和标度因数,升、降温过程中相同温度点偏值差值最大值是否符合 4.3.2.7 要求,标度因数差值与标度因数比值的最大值是否符合 4.3.3.7 的要求。

5.3.1.8 全温重复性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

工作温度范围内宜均匀设置多个温度点、固定时间间隔,采用 5.3.1.1 的静态多位置翻滚试验方法标定偏值和标度因数,偏值全温重复性是否符合 4.3.2.8 要求,标度因数全温重复性是否符合 4.3.3.8 的要求。

5.3.1.9 偏值不对称性和标度因数不对称性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

线加速度计 $\pm 1g_0$ 内,分度装置角位置分别置于 0° 、 $\Delta\theta$ 、 $\cdots$ 、 $k\Delta\theta$ 、 $\cdots$ 、 $(n-1)\Delta\theta$,其中 $\Delta\theta=360^\circ/n$, n 和 k 为整数, $n\geq 4$,采集线加速度计输出,分别拟合正负偏值和正负标度因数,正负偏值差值是否符合 4.3.2.9,正负标度因数差值与正负标度因数均值的比值是否符合 4.3.3.9 的要求。

5.3.1.10 输入轴失准角

线加速度计分别置于门态和摆态。

分度装置角位置分别置于 0° 、 90° 、 180° 、 270° 位置,采集线加速度计输出,按 5.3.1.1 计算输入轴失准角,结果是否符合 4.3.4 要求。

5.3.1.11 交叉耦合系数

安装方式应符合 5.2.4 要求。

线加速度计输入轴、非输入轴分别受 $1g_0$ 加速度激励,测量线加速度计输出,沿非输入轴与输入轴输出比值的最大值是否符合 4.3.5 要求。

5.3.1.12 死区

安装方式应符合 5.2.4 要求。

线加速度计处于 $0g_0$ 状态,以角度增量 $\Delta\theta$ 逐次改变分度装置,采集线加速度计输出(应包括线加速度计输出改变极性数据),线加速度计输出变化值与理论计算值之比大于 50%(或其他要求值),是否符合 4.3.6 要求。

5.3.1.13 阈值

安装方式应符合 5.2.4 要求。

线加速度计处于 $0g_0$ 状态,以角度增量 $\Delta\theta$ 逐次改变分度装置,采集线加速度计输出(应包括线加速度计输出改变极性数据),线加速度计输出变化值与理论计算值之比应大于 50%并小于 150%,是否符合 4.3.7 要求。

5.3.1.14 静态分辨率(方法 1)

安装方式应符合 5.2.4 要求。

静态分辨率方法 1 一般适用于 $\geq 10^{-6}g$ 范围分辨率测试,线加速度计处于小于 $0.5g_0$ 状态,以角度增量 $\Delta\theta$ 逐次改变分度装置,采集线加速度计输出(应包括线加速度计输出改变极性数据),线加速度计输出变化值与理论计算值之比应大于 50% 并小于 150%。

5.3.1.15 静态分辨率(方法 2)

安装方式应符合 5.2.4 要求。

静态分辨率方法 2 一般适用于 $< 10^{-6}g$ 范围分辨率测试,按照 5.3.4.6 测试加速度计自身本底噪声,由本底噪声功率谱密度计算的频域有效值(等效于时域标准偏差)表征加速度计的不灵敏区,按本底噪声的 2 倍估计静态分辨率。

5.3.1.16 动态分辨率

安装方式应符合 5.2.4 要求。

线加速度计处于初始工作状态,线加速度计质心与双轴速率台主轴回转中心重合,采集线加速度计输出,取双轴速率台上转过 1 周最接近“0”的线加速度数据,回转周数一般大于 50,绝对值最小值为动态分辨率,是否符合 4.3.9 要求。

5.3.1.17 $0g_0$ 稳定性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

分度装置角度位置置于 0° 或 180° ,连续工作时间内采集线加速度计输出,线加速度计 $0g_0$ 位置输出值的标准偏差是否符合 4.3.10 的要求。

5.3.1.18 $1g_0$ 稳定性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

分度装置角度位置置于 90° 或 270° ,连续工作时间内采集线加速度计输出,线加速度计 $1g_0$ 位置输出值的标准偏差与标度因数比值除以当地重力加速度,是否符合 4.3.11 的要求。

5.3.1.19 $0g_0$ 变温滞环

安装方式应符合 5.2.4 要求。

分度装置角度位置置于 0° 或 180° ,工作温度范围内,按一定变温速率和周期进行测试, $0g_0$ 升温温度模型与降温温度模型在相同温度点差值的最大值,是否符合 4.3.12 的要求。

5.3.1.20 $1g_0$ 变温滞环

安装方式应符合 5.2.4 要求。

分度装置角度位置置于 90° 或 270° ,工作温度范围内,按一定变温速率和周期进行测试, $1g_0$ 升温温度模型与降温温度模型在相同温度点差值与标度因数比值除以当地重力加速度的最大值,是否符合 4.3.13 的要求。

5.3.1.21 $0g_0$ 启动重复性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

分度装置角度位置置于 0° 或 180° ,按规定的通断电次数要求进行试验,线加速度计输出值与标度因数比值的标准偏差是否符合 4.3.14 的要求。

5.3.1.22 $1g_0$ 启动重复性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

分度装置角度位置置于 90° 或 270° , 按规定的通断电次数要求进行试验, 线加速度计输出值与标度因数比值除以当地重力加速度的标准偏差是否符合 4.3.15 的要求。

5.3.1.23 滞环

安装方式应符合 5.2.4 要求。

线加速度计处于 $0g_0$ 状态, 分度装置分别顺时针、逆时针循环一周, 在相同测量点线加速度计输出最大差值与标度因数的比值是否符合 4.3.16 的要求。

5.3.1.24 $0g_0$ 冷启动稳定性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

规定温度下, 分度装置角度位置置于 0° 或 180° , 通电立即采集线加速度计输出, 输出与标度因数比值的标准偏差是否符合 4.3.17 的要求。

5.3.1.25 $1g_0$ 冷启动稳定性

安装方式应符合 5.2.4 要求。

规定温度下, 分度装置角度位置置于 90° 或 270° , 通电立即采集线加速度计输出, 输出与标度因数比值除以当地重力加速度的标准偏差是否符合 4.3.18 的要求。

5.3.2 密封性

5.3.2.1 充气线加速度计检漏

一般使用氦质谱仪检测, 漏率是否符合 4.3.19 的要求。

5.3.2.2 充液线加速度计检漏

一般使用温控压力箱检测, 压力和温度达到规定值应保持 1 h 以上, 检查线加速度计外壳是否无漏液痕迹。

5.3.3 离心试验

5.3.3.1 安装方式

线加速度计分别置于 $+1g_0$ 和 $-1g_0$ 两个位置, 输出差值除以 2 获得线加速度计标度因数。

将线加速度计置于离心机旋转臂, 输入轴与离心机转轴正交, 线加速度计极性正向指向离心机转轴时输入加速度为正, 反之为负。线加速度计离心模型见附录 E。

5.3.3.2 输入量程

线加速度计极性正向和反向分别沿旋转半径指向圆心, 逐渐增加离心机转速, 线加速度计输出值极值是否符合 4.3.20 的要求。

5.3.3.3 标度因数非线性

采集离心机不同转速下线加速度计的输出, 输入加速度与线加速度计输出值采用最小二乘法拟合, 最大模型残值与最大输入加速度的比值(或与当前输入加速度的比值)是否符合 4.3.21 的要求。

5.3.3.4 高阶非线性系数

采集离心机不同转速下线加速度计的输出, 输入加速度与线加速度计输出值采用最小二乘法拟合,

获得二阶非线性系数和三阶非线性系数,是否符合 4.3.22.1 和 4.3.22.2 的要求。

5.3.3.5 横向灵敏度

线加速度计输入轴平行于离心机转轴,采集离心机不同转速下线加速度计输出,输出变化量除以标度因数的最大值是否符合 4.3.23 的要求。

5.3.3.6 转角运动敏感性

通过测试工装,使得线加速度计能够绕其输入轴、摆轴、输出轴或这些轴平分线进行旋转。

采集不同角加速度和角速度,采用最小二乘法或卡尔曼滤波法估计出线加速度计的角速度敏感度系数、角加速度灵敏度系数,结果是否符合 4.3.24 的要求。

5.3.4 动态特性

5.3.4.1 启动时间

安装方式应符合 5.2.4 要求。

线加速度计置于 $0g_0$ 或 $1g_0$ 状态,通电立即采集线加速度计输出,线加速度计输出达到期望值 95% 以上的时间是否符合 4.3.25 的要求。

5.3.4.2 过渡过程

线加速度计处于初始工作状态,沿输入轴方向施加阶跃信号,采集输入信号和线加速度计输出,线加速度计的超调量是否符合 4.3.26.1 要求,调整时间是否符合 4.3.26.2 要求,振荡次数是否符合 4.3.26.3 要求,阻尼比是否符合 4.3.26.4 要求。

5.3.4.3 频率响应(电模拟法,仲裁法)

线加速度计置于 $0g_0$ 状态,沿输入轴方向施加正弦加速度信号,采集输入信号和线加速度计输出,带宽是否符合 4.3.27.1 要求,谐振频率是否符合 4.3.27.2 要求,振荡度是否符合 4.3.27.3 要求。

5.3.4.4 频率响应(振动法)

线加速度计安装于振动台上,处于初始工作状态,输入不同频率的正弦振动信号,采集线加速度计输出,数据处理得到带宽、谐振频率、振荡度,带宽是否符合 4.3.27.1 要求,谐振频率是否符合 4.3.27.2 要求,振荡度是否符合 4.3.27.3 要求。

5.3.4.5 噪声试验(有效值法)

采集线加速度计无滤波状态下的交流输出信号,采样频率应选取带宽的 2 倍或更高,用频域有效值表征噪声水平,是否符合 4.3.28 要求。

5.3.4.6 噪声试验(功率谱法)

将偶数块加速度计的输入轴平行置于隔震基础上,采集线加速度计无滤波状态下的交流输出信号,分离和补偿仪表自身的时间漂移趋势项后,由非相干功率谱密度计算的频域有效值表征加速度计自身本底噪声,是否符合 4.3.28 要求。

5.3.4.7 噪声试验(Allan 方差法)

采集线加速度计无滤波状态下的交流输出信号,采集频率应选取带宽的 2 倍或更高,确定一系列平

均时间常数 τ , 通常以对数分布选择, 按照公式(6)计算加速度计输出 Allan 方差。

$$\sigma^2(\tau) = \frac{\sum_{j=1}^{N-1} (\bar{x}_j - \bar{x}_{j-1})^2}{2(N-1)} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

σ^2 —— Allan 方差;

τ —— 平均时间常数, 等于相邻数据序列之间的时间差;

N —— 数据序列长度;

$\bar{x}_j$ —— 每个平均时间常数 τ 对应数据序列的平均值, 其中, $j=1, 2, \dots, N-1$ 。

根据 Allan 方差曲线的不同斜率段可表征量化噪声、白噪声、偏值不稳定性、随机游走、趋势项等不同类型的噪声特性。

5.3.4.8 振动整流误差系数试验

线加速度计处于 $0g_0$ 或 $1g_0$ 状态, 采用规定的振动谱, 采集振动前、振动过程中和振动后的线加速度计输出, 振动过程中均值减去振动前后均值除以振动加速度有效值的平方得到振动整流误差系数, 是否符合 4.3.29 的要求。

5.4 可靠性试验

5.4.1 工作寿命

工作寿命一般采用评估方法计算。

工作寿命内, 线加速度计处于通电状态, 标定模型方程系数, 线加速度计工作寿命是否符合 4.4 的规定。

5.4.2 贮存寿命

贮存寿命一般采用评估方法计算。

贮存寿命内, 线加速度计在试验期间经受周期性的冲击、振动、温度循环及其他非工作条件, 定期进行性能参数的测试, 线加速度计贮存寿命是否符合 4.4 的规定。

5.4.3 平均故障间隔时间

平均故障间隔时间一般采用评估方法计算。

按相关规范要求的样本数、时间内进行试验, 计算出平均故障间隔时间是否符合 4.4 的规定。

5.5 环境适应性

5.5.1 低温试验

5.5.1.1 低温贮存

低温贮存试验符合 GB/T 2423.1 要求, 线加速度计处于非工作状态, 设定规定的低温温度, 保温时间以冷透为原则, 产品温度平衡时间如表 2 所示, 试验后按规定进行恢复处理或干燥处理, 线加速度计参数变化量是否符合 4.5.1 的规定, 低温贮存试验一般在定型时进行。

表 2 产品温度平衡时间

受试设备重量 M kg	温度平衡时间 h	备注
$M < 1.5$	1	有灌封材料应为 2 h
$1.5 \leq M < 5$	2	—
$5 \leq M < 10$	3	—
$M \geq 10$	4	—

5.5.1.2 低温工作

低温工作试验符合 GB/T 2423.1 要求,线加速度计处于工作状态,设定规定的低温温度,保温时间以冷透为原则,产品温度平衡时间如表 2 所示,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.1 的规定,外观是否符合 4.2.1 的规定。

5.5.2 高温试验

5.5.2.1 高温贮存

高温贮存试验符合 GB/T 2423.2 要求,线加速度计处于非工作状态,设定规定的高温温度,保温时间以热透为原则,产品温度平衡时间如表 2 所示,试验后按规定进行恢复处理,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.2 的规定,高温贮存试验一般在定型时进行。

5.5.2.2 高温工作

高温工作试验符合 GB/T 2423.1 要求,线加速度计处于工作状态,设定规定的高温温度,保温时间以热透为原则,产品温度平衡时间如表 2 所示,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.2 的规定,外观是否符合 4.2.1 的规定。

5.5.3 低气压(高度)

常温低气压(高度)试验符合 GB/T 2423.21 要求,温度低气压试验符合 GB/T 2423.27 要求。线加速度计处于非工作状态,设置温度、压力及时间,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.3 规定。

5.5.4 温度冲击

温度冲击试验符合 GB/T 2423.22 要求,设置试验严酷等级,包括高低温度、高低温时间、转换时间、暴露持续时间、高低温循环数等,试验后进行恢复处理或干燥处理,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.4 的规定。

5.5.5 热真空

热真空试验符合 GB/T 34522 要求,设置热真空试验压力、温度循环次数、每个循环的保持时间、升降温速率等,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.5 的规定。热真空试验一般适用于宇航用线加速度计。

5.5.6 抗辐照

抗辐照试验符合 GB/T 4937.18 要求,设置⁶⁰Co γ 射线源辐射场、辐射剂量率、辐射试验次数,开展

辐照试验,一次或多次辐照试验后进行电性能测试,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.6 的规定。抗辐照试验一般适用于宇航用线加速度计。

5.5.7 加速度

5.5.7.1 性能

性能试验符合 GB/T 2423.15 要求,线加速度计固定在离心机上,处于工作状态,按规定加速度开展试验,试验后检查线加速度计性能,是否符合 4.5.7.1 的规定。

5.5.7.2 结构

性能试验符合 GB/T 2423.15 要求,线加速度计固定在离心机上,处于工作状态,按规定加速度开展试验,试验后检查线加速度计结构,是否符合 4.5.7.2 的规定,外观是否符合 4.2.1 的规定。

5.5.8 振动试验

5.5.8.1 功能振动

功能振动试验符合 GB/T 2423.56 要求,线加速度计处于工作状态,设置振动谱,开展振动试验,试验过程中监测线加速度计工作性能,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.8.1 的规定。

5.5.8.2 耐久振动

耐久振动试验符合 GB/T 2423.56 要求,线加速度计处于工作状态,设置振动谱,开展耐久振动试验,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.8.2 的规定。

5.5.9 冲击试验

5.5.9.1 功能适应性冲击

功能适应性冲击试验符合 GB/T 2423.5 要求,线加速度计处于工作状态,设定冲击谱,冲击过程中监测线加速度计工作性能,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.9.1 的规定。

5.5.9.2 结构完好性冲击

结构完好性冲击试验符合 GB/T 2423.5 要求,线加速度计处于工作状态,设定冲击谱,冲击试验后,线加速度计外观是否符合 4.2.1 的规定,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.9.2 的规定。

5.5.10 湿热试验

湿热试验符合 GB/T 2423.3 要求,规定时间内湿热箱的温度、相对湿度应达到严酷等级要求,持续时间一般进行 10 个周期(24 h 为 1 个周期),试验后进行恢复处理,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.10 的规定。

5.5.11 霉菌试验

霉菌试验符合 GB/T 2423.16 要求,线加速度计一般随系统放入霉菌试验箱(室)中,设置温湿度进行试验,严酷等级一般为 1 级,培养周期为 28 d,在第 7 天检查菌种生长情况,若未达到 90% 以上的菌种覆盖率,则需调整温湿度重做试验,线加速度计参数变化量是否满足 4.5.11 的规定。

5.5.12 盐雾试验

盐雾试验符合 GB/T 2423.17 要求,线加速度计一般随系统放入盐雾试验箱(室)中,将盐雾通入试

验箱(室)中,试验后将线加速度计在标准恢复条件下进行恢复处理,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.12 的规定。

5.5.13 磁环境试验

线加速度计放置在规定磁场强度环境中,试验前、试验过程中和试验后,线加速度计参数变化量是否符合 4.5.13 的规定。

6 检验规则

6.1 检验分类

线加速度计检验一般分为两类:

- a) 鉴定检验;
- b) 质量一致性检验,包括交付检验和例行检验。

6.2 鉴定检验

6.2.1 抽样数量

线加速度计的鉴定抽样数量一般为 2 只~3 只,或由订购方和承制方共同商定。

6.2.2 检验项目与顺序

鉴定检验项目与顺序按表 3 规定,检验项目和顺序可根据订购方要求进行调整,原则上应遵循先检查后检验,先性能试验后环境试验的次序。

表 3 鉴定检验和一致性检验项目与顺序

序号	检验项目名称	要求 章条号	试验方法章条号	鉴定检验项目	质量一致性检验项目	
					交付检验	例行检验
1	外观质量	4.2.1.1	5.2.1.1	√	√	√
2	外形尺寸	4.2.1.2	5.2.1.2	√	√	√
3	重量	4.2.2	5.2.2	√	○	√
4	绝缘电阻	4.2.3	5.2.3	√	√	√
5	安装与定位	4.2.4	5.2.4	√	√	√
6	绝缘介电强度	4.2.5	5.2.5	√	—	√
7	电源	4.2.6	5.2.6	√	√	√
8	极性	4.2.7	5.2.7	√	√	√
9	偏值	4.3.2.1	5.3.1.1	√	√	√
10	偏值一次通电短期稳定性	4.3.2.2	5.3.1.2	√	√	√
11	偏值一次通电长期稳定性	4.3.2.3	5.3.1.3	√	○	○
12	偏值重复性	4.3.2.4	5.3.1.4	√	√	√
13	偏值温度系数	4.3.2.5	5.3.1.5	√	√	√
14	偏值温度模型	4.3.2.6	5.3.1.6	√	○	○

表 3 鉴定检验和一致性检验项目与顺序(续)

序号	检验项目名称	要求 章条号	试验方法章条号	鉴定检验项目	质量一致性检验项目	
					交付检验	例行检验
15	偏值温度滞环	4.3.2.7	5.3.1.7	√	—	○
16	偏值全温重复性	4.3.2.8	5.3.1.8	√	—	○
17	偏值不对称性	4.3.2.9	5.3.1.9	√	—	○
18	标度因数	4.3.3.1	5.3.1.1	√	√	√
19	标度因数一次通电短期稳定性	4.3.3.2	5.3.1.2	√	√	√
20	标度因数一次通电长期稳定性	4.3.3.3	5.3.1.3	√	○	○
21	标度因数重复性	4.3.3.4	5.3.1.4	√	√	√
22	标度因数温度系数	4.3.3.5	5.3.1.5	√	√	√
23	标度因数温度模型	4.3.3.6	5.3.1.6	√	○	○
24	标度因数温度滞环	4.3.3.7	5.3.1.7	√	○	○
25	标度因数全温重复性	4.3.3.8	5.3.1.8	√	—	○
26	标度因数不对称性	4.3.3.9	5.3.1.9	√	—	—
27	输入轴失准角	4.3.4	5.3.1.10	√	√	√
28	交叉耦合系数	4.3.5	5.3.1.11	√	√	√
29	死区	4.3.6	5.3.1.12	√	—	○
30	阈值	4.3.7	5.3.1.13	√	○	√
31	静态分辨率(方法 1)	4.3.8	5.3.1.14	√	○	√
32	静态分辨率(方法 2)	4.3.8	5.3.1.15	○	○	○
33	动态分辨率	4.3.9	5.3.1.16	○	○	○
34	0g ₀ 稳定性	4.3.10	5.3.1.17	√	√	√
35	1g ₀ 稳定性	4.3.11	5.3.1.18	√	√	√
36	0g ₀ 变温滞环	4.3.12	5.3.1.19	√	○	√
37	1g ₀ 变温滞环	4.3.13	5.3.1.20	√	○	√
38	0g ₀ 启动重复性	4.3.14	5.3.1.21	√	√	√
39	1g ₀ 启动重复性	4.3.15	5.3.1.22	√	√	√
40	滞环	4.3.16	5.3.1.23	√	—	—
41	0g ₀ 冷启动稳定性	4.3.17	5.3.1.24	√	—	—
42	1g ₀ 冷启动稳定性	4.3.18	5.3.1.25	√	—	—
43	密封性	4.3.19	5.3.2	√	—	○
44	输入量程	4.3.20	5.3.3.2	√	○	√
45	标度因数非线性	4.3.21	5.3.3.3	√	—	—
46	二阶非线性系数	4.3.22.1	5.3.3.4	√	√	√
47	三阶非线性系数	4.3.22.2	5.3.3.4	√	—	—

表 3 鉴定检验和一致性检验项目与顺序（续）

序号	检验项目名称	要求 章条号	试验方法章条号	鉴定检验项目	质量一致性检验项目	
					交付检验	例行检验
48	横向灵敏度	4.3.23	5.3.3.5	√	—	○
49	转角运动敏感性	4.3.24	5.3.3.6	√	—	○
50	启动时间	4.3.25	5.3.4.1	√	√	√
51	超调量	4.3.26.1	5.3.4.2	√	√	√
52	调整时间	4.3.26.2	5.3.4.2	√	—	○
53	振荡次数	4.3.26.3	5.3.4.2	√	√	√
54	阻尼比	4.3.26.4	5.3.4.2	√	√	√
55	带宽	4.3.27.1	5.3.4.3 或 5.3.4.4	√	√	√
56	谐振频率	4.3.27.2	5.3.4.3 或 5.3.4.4	√	√	√
57	振荡度	4.3.27.3	5.3.4.3 或 5.3.4.4	√	√	√
58	噪声(有效值法)	4.3.28	5.3.4.5	√	—	—
59	噪声(功率谱法)	4.3.28	5.3.4.6	○	—	—
60	噪声(Allan 方差法)	4.3.28	5.3.4.7	○	—	—
61	振动整流误差系数	4.3.29	5.3.4.8	√	—	○
62	工作寿命	4.4	5.4.1	√	—	○
63	贮存寿命	4.4	5.4.2	√	—	—
64	平均故障间隔时间	4.4	5.4.3	√	—	—
65	低温	4.5.1	5.5.1	√	√	√
66	高温	4.5.2	5.5.2	√	√	√
67	低气压(高度)	4.5.3	5.5.3	○	—	○
68	温度冲击	4.5.4	5.5.4	√	√	√
69	热真空	4.5.5	5.5.5	○	—	—
70	抗辐照	4.5.6	5.5.6	○	—	—
71	加速度	4.5.7	5.5.7	√	√	√
72	振动	4.5.8	5.5.8	√	√	√
73	冲击	4.5.9	5.5.9	○	√	√
74	湿热	4.5.10	5.5.10	√	—	√
75	霉菌	4.5.11	5.5.11	√	—	○
76	盐雾	4.5.12	5.5.12	√	—	○
77	磁环境	4.5.13	5.5.13	√	—	○
注：“√”表示进行该项检验；“○”表示根据需要选做检验；“—”表示不做检验。						

6.2.3 合格判据

鉴定检验项目检验全部满足规定时,判定该线加速度计鉴定检验合格。

若某只线加速度计的任一项目检验不符合规定,应判为不合格。此时,应停止检验,待查明原因排除故障后,方可继续进行检验,第二次检验可只检验不满足要求和尚未进行的项目。在第二次检验前,承制方应将故障原因及排除情况和采取的措施,以文件形式通知订购方。

若第二次检验仍不合格,则鉴定检验判为不合格。

6.3 质量一致性检验

6.3.1 交付检验

6.3.1.1 抽样数量

对交付的线加速度计应 100% 进行交付检验。

6.3.1.2 检验项目和顺序

交付检验项目与顺序按表 3 规定,检验项目和顺序可根据订购方要求进行调整。

6.3.1.3 合格判据

交付检验项目检验全部满足规定时,判定该线加速度计交付检验合格。

若某只线加速度计的任一项目检验不符合规定,则该线加速度计应停止检验,待查明原因排除故障后,可继续进行检验。第二次检验时,应在提交单上注明“第二次提交”字样。若第二次检验仍不合格,则该线加速度计判为不合格品,不能交付。

6.3.2 例行检验

6.3.2.1 抽样数量

订购方在每批交付检验合格的线加速度计中,随机抽样进行例行检验。每批线加速度计数量小于 50 只时,抽样数量一般为 1 只;50 只~100 只时,抽样数量一般为 2 只;大于 100 只时,按 2% 抽取。抽样数量也可由订购方和承制方共同商定。

6.3.2.2 检验项目和顺序

例行检验项目与顺序按表 3 规定,检验项目和顺序可根据订购方要求进行调整。

6.3.2.3 合格判据

例行检验项目检验全部满足规定时,判定该线加速度计例行检验合格。

若其中任一项目检验未满足规定时,应加倍抽样重新进行例行检验。若仍有其中一项不合格时,判定例行检验不合格,由订购方和承制方协商解决。经过例行检验的线加速度计,不能作为正式产品交付使用。

只有通过交付检验和例行检验,该批次线加速度计才允许交付。

7 标志、包装、运输、贮存

7.1 标志

7.1.1 产品标志

每只线加速度计产品一般注明产品代号、年号、序号等。

7.1.2 包装箱标志

包装箱标志应包括以下内容：

- a) 产品代号；
- b) 包装箱号；
- c) 制造单位；
- d) 箱体尺寸；
- e) 数量；
- f) 重量；
- g) 装箱日期。

7.1.3 储运指示标志

包装箱储运图示指示标志应符合 GB/T 191 要求。

7.2 包装

每个产品应附上所有附件，插头(座)应戴上保护帽，在包装内部空隙处充填干燥洁净的减震填料。

包装箱内应包含以下内容：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 装箱单；
- d) 附件清单；
- e) 其他有关资料。

7.3 运输

线加速度计在减振的包装环境下，可采用公路、铁路、水路和航空等运输方式，运输过程中应避免碰撞、冲击、日晒和淋雨，不准许与酸、碱等腐蚀性物品放在一起运输。

7.4 贮存

贮存环境条件如下：

- a) 温度：常温；
- b) 相对湿度：25%～70%；
- c) 气压：常压；
- d) 室内不应存放酸、碱等腐蚀性物品；
- e) 若有特殊要求，由相关规范作出规定。

附录 A

(资料性)

摆式线加速度计工作原理及其数学模型

A.1 摆式线加速度计完整数学模型

摆式线加速度计工作原理如图 A.1 所示。

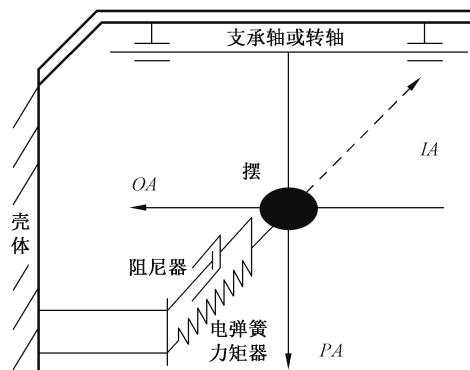


图 A.1 摆式线加速度计的工作原理图

图 A.1 给出了摆式线加速度计的三个基准轴，沿平行于摆锤的方向定义为摆基准轴(PA)，沿平行于支承轴的方向，定义为输出基准轴(OA)，平行于摆锤的前后运动方向，定义为输入基准轴(IA)。它们之间满足矢量关系： $\vec{OA} = \vec{IA} \times \vec{PA}$ 。

在图 A.1 中定义的基准坐标轴基础上，摆式线加速度计完整数学模型表达如公式(A.1)所示。

$$\frac{E_i}{K_1} = K_0 + \frac{K'_0}{2} \text{sign}(a_i) + \left[1 + \frac{K'_1}{2} \text{sign}(a_i) \right] a_i + K_{0q} a_i |a_i| + K_2 a_i^2 + K_3 a_i^3 + \sum_{n \geq 4} K_n a_i^n + \delta_o a_p - \delta_p a_o + K_{ip} a_i a_p + K_{io} a_i a_o + K_{po} a_p a_o + K_{pp} a_p^2 + K_{oo} a_o^2 + K_{\text{spin}} \omega_i \omega_p + K_{\text{ang, accel}} \dot{\omega}_o + \epsilon \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- E_i —— 加速度计输出，输出单位为毫安(mA)、伏特(V)、脉冲数每秒(s^{-1})、赫兹(Hz)等；
- ϵ —— 测量与过程噪声和非模型误差， g_0 ；
- K_1 —— 标度因数，表示为毫安每重力加速度(mA/g_0)、伏特每重力加速度(V/g_0)、脉冲数每秒每重力加速度(s^{-1}/g_0)、赫兹每重力加速度(Hz/g_0)、数字量每重力加速度(LSB/g_0)等；
- a_i —— 沿输入轴输入的加速度， g_0 ；
- a_p —— 沿摆轴输入的加速度， g_0 ；
- a_o —— 沿输出轴输入的加速度， g_0 ；

$$\text{sign}(a_i) \text{ —— 符号函数，为 } \begin{cases} +1 & a_i > 0 \\ -1 & a_i < 0 \\ 0 & a_i = 0 \text{ (偏值不对称模型项不显著)} \end{cases} ;$$

- ω_i, ω_p ——沿输入轴(IA)、摆轴(PA)作用的角速度分量,单位为弧度每秒(rad/s);
- $\dot{\omega}_o$ ——沿输出轴(OA)作用的角加速度分量,单位为弧度每二次方秒(rad/s²);
- K_0 ——偏值, g_0 ;
- K'_0 ——偏值不对称性, g_0 ;
- K'_1 ——标度因数不对称,无量纲;
- K_{oq} ——沿输入轴(IA)二次奇异项系数, g_0/g_0^2 ;
- K_2 ——沿输入轴(IA)二次项系数, g_0/g_0^2 ;
- K_3 ——沿输入轴(IA)三次项系数, g_0/g_0^3 ;
- K_n ——沿输入轴(IA)其他高阶项系数, $n=4,5,6,\dots$,至适当阶, g_0/g_0^n ;
- δ_o ——敏感元件的输入轴(IA)相对于壳体坐标系,绕输出轴(OA)的输入轴失准角(安装误差),也是沿摆轴(PA)交叉一次项系数,单位为弧度(rad)或角秒(");
- δ_p ——敏感元件的输入轴(IA)相对于壳体坐标系,绕摆轴(PA)的输入轴失准角(安装误差),也是沿输出轴(OA)交叉一次项系数,单位为弧度或角秒;
- K_{ip} ——沿输入轴(IA)与摆轴(PA)间交叉耦合二次项系数, g_0/g_0^2 ;
- K_{io} ——沿输入轴(IA)与输出轴(OA)间交叉耦合二次项系数, g_0/g_0^2 ;
- K_{po} ——沿输出轴(OA)与摆轴(PA)间交叉耦合二次项系数, g_0/g_0^2 ;
- K_{pp} ——沿摆轴(PA)二次项系数, g_0/g_0^2 ;
- K_{oo} ——沿输出轴(OA)二次项系数, g_0/g_0^2 ;
- K_{spin} ——角速度校正系数,等于 $\frac{-(J_i - J_p) - Pr_c}{P}$, $g_0/(\text{rad/s})^2$;
- $K_{ang \cdot accel}$ ——角加速度系数,等于 $\frac{J_o - Pr_c}{P}$, $g_0/(\text{rad/s})^2$;
- J_i, J_p, J_o ——摆相对于悬挂中心的主惯性矩,单位为千克二次方米(kg·m²);
- P ——摆性,等于摆质量乘以质心到悬挂中心的距离,单位为千克米(kg·m);
- r_c ——从悬挂中心到摆上的一个零位置点的距离,这个零位置点认为是加速度作用的点,单位为米(m)。

A.2 摆式线加速度计简化模型

忽略与转角敏感性有关误差项,模型方程(A.1)简化为公式(A.2)。

$$\frac{E_i}{K_1} = K_{0+} + K_{0-} + (1 + dK_{1+})a_{i+} + (1 + dK_{1-})a_{i-} + \delta_o a_p - \delta_p a_o + K_2 a_i^2 + K_{oq} a_i |a_i| + K_{pp} a_p^2 + K_{oo} a_o^2 + K_{ip} a_i a_p + K_{io} a_i a_o + K_{op} a_o a_p + K_3 a_i^3 + \dots \quad (\text{A.2})$$

其中:

- K_{0+} ——正向偏值, g_0 ;
- K_{0-} ——负向偏值, g_0 ;
- dK_{1+} ——正向标度因数偏差,单位为 1×10^{-6} ;
- dK_{1-} ——负向标度因数偏差,单位为 1×10^{-6} ;
- a_{i+} ——沿输入轴(IA)输入的正向加速度, g_0 ;
- a_{i-} ——沿输入轴(IA)输入的负向加速度, g_0 。

结合摆式线加速度计种类、精度等级、应用场合和生产成本等实际,宜将上述模型公式(A.2)进一步简化为公式(A.3)和公式(A.4)。

$$\frac{E_i}{K_1} = K_0 + a_i + K_2 a_i^2 + \delta_o a_p - \delta_p a_o \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

$$\frac{E_i}{K_1} = K_0 + a_i \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

一般情况下,上述模型公式(A.3)是摆式线加速度计模型方程系数确定的基本公式,公式(A.4)是模型方程的最简化形式。



附录 B
(资料性)

典型领域线加速度计产品特征

B.1 航天领域用典型线加速度计产品特征

航天领域重点关注线加速度计的量程、重复性、稳定性、温度特性、振动特性和抗辐照等相关指标，典型产品特征范例见表 B.1。

表 B.1 航天领域用典型线加速度计产品特征

序号	检验项目	单位	检验项目指标
1	重量	kg	0.01~1.5
2	绝缘电阻	MΩ	≥50
3	输入量程	g_0	≤150
4	偏值	mg_0	≤10
5	偏值一次通电短期稳定性	μg_0	≤50
6	偏值一次通电长期稳定性	μg_0	≤500
7	偏值重复性	μg_0	≤500
8	偏值温度系数	$\mu g_0/^\circ\text{C}$	≤200
9	偏值温度模型残差	μg_0	≤100
10	偏值温度滞环	μg_0	≤300
11	偏值全温重复性	μg_0	≤500
12	偏值不对称性	μg_0	≤300
13	标度因数	mA/g_0	0.7~1.4
		V/g_0	0.525~1.05
		s^{-1}/g_0	5 000~30 000
		Hz/g_0	30~500
		LSB/g_0	$1\times 10^4\sim 1\times 10^5$
14	标度因数一次通电短期稳定性	1×10^{-6}	≤50
15	标度因数一次通电长期稳定性	1×10^{-6}	≤500
16	标度因数重复性	1×10^{-6}	≤500
17	标度因数温度系数	$1\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$	≤200
18	标度因数温度模型残差	1×10^{-6}	≤200
19	标度因数温度滞环	1×10^{-6}	≤500
20	标度因数全温重复性	1×10^{-6}	≤500
21	标度因数不对称性	1×10^{-6}	≤300
22	标度因数非线性	1×10^{-6}	≤1 000

表 B.1 航天领域用典型线加速度计产品特征 (续)

序号	检验项目	单位	检验项目指标
23	二阶非线性系数	$\mu g_0 / g_0^2$	≤ 200
24	三阶非线性系数	$\mu g_0 / g_0^3$	≤ 50
25	输入轴失准角	mrad	≤ 3
26	交叉耦合系数	$\mu g_0 / g_0^2$	≤ 100
27	死区	μg_0	$-20 \sim +20$
28	阈值	μg_0	≤ 50
29	静态分辨率	μg_0	≤ 50
30	动态分辨率	μg_0	≤ 100
31	$0g_0$ 稳定性	μg_0	≤ 50
32	$1g_0$ 稳定性	1×10^{-6}	≤ 50
33	$0g_0$ 变温滞环	μg_0	≤ 300
34	$1g_0$ 变温滞环	1×10^{-6}	≤ 500
35	$0g_0$ 启动重复性	μg_0	≤ 500
36	$1g_0$ 启动重复性	1×10^{-6}	≤ 500
37	偏值滞环	μg_0	≤ 200
38	标度因数滞环	1×10^{-6}	≤ 200
39	$0g_0$ 冷启动稳定性	μg_0	≤ 100
40	$1g_0$ 冷启动稳定性	1×10^{-6}	≤ 100
41	密封性	$\text{Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{s}$	$\leq 1 \times 10^{-4}$
42	横向灵敏度	g_0	≤ 0.5
43	转角运动敏感性	$g_0 / (\text{rad/s})^2$	$\leq 10^{-4}$
44	启动时间	s	≤ 10
45	超调量	%	≤ 30
46	调整时间	ms	≤ 50
47	振荡次数	次	≤ 3
48	阻尼比	—	$0.3 \sim 0.7$
49	带宽	Hz	≥ 300
50	谐振频率	Hz	≥ 100
51	振荡度	—	≤ 1.5
52	噪声	$\mu g_0 / \text{Hz}^{1/2}$	≤ 500
53	振动整流误差系数	$\mu g_0 / g_0^2$	≤ 200
54	低温	$\mu g_0 / (1 \times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
55	高温	$\mu g_0 / (1 \times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
56	低气压(高度)	$\mu g_0 / (1 \times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$

表 B.1 航天领域用典型线加速度计产品特征（续）

序号	检验项目	单位	检验项目指标
57	温度冲击	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
58	热真空	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
59	抗辐照	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
60	加速度	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
61	振动	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
62	冲击	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
63	湿热	—	√
64	霉菌	—	√
65	盐雾	—	√
66	工作寿命	h	$\geq 1\ 000$
67	贮存寿命	a	≥ 5
68	平均故障间隔时间	h	$\geq 5\ 000$
69	磁环境	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
注：√表示功能性能正常。			

B.2 航空领域用典型线加速度计产品特征

航空领域重点关注线加速度计的重复性、稳定性、温度特性、振动特性等相关指标，典型产品特征范例见表 B.2。

表 B.2 航空领域用典型线加速度计产品特征

序号	检验项目	单位	检验项目指标
1	重量	kg	0.01~0.1
2	绝缘电阻	MΩ	≥ 50
3	输入量程	g_0	≤ 40
4	偏值	mg_0	≤ 20
5	偏值一次通电短期稳定性	μg_0	≤ 50
6	偏值一次通电长期稳定性	μg_0	≤ 600
7	偏值重复性	μg_0	≤ 600
8	偏值温度系数	$\mu g_0/^{\circ}C$	≤ 200
9	偏值温度模型残差	μg_0	≤ 100
10	偏值温度滞环	μg_0	≤ 300
11	偏值全温重复性	μg_0	≤ 500
12	标度因数	mA/g_0	0.5~1.4

表 B.2 航空领域用典型线加速度计产品特征（续）

序号	检验项目	单位	检验项目指标
13	标度因数	V/g_0	0.375~1.05
		s^{-1}/g_0	3 000~10 000
		Hz/g_0	30~500
		LSB/g_0	$1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$
14	标度因数一次通电短期稳定性	1×10^{-6}	≤ 50
15	标度因数一次通电长期稳定性	1×10^{-6}	≤ 600
16	标度因数重复性	1×10^{-6}	≤ 600
17	标度因数温度系数	$1 \times 10^{-6}/^{\circ}C$	≤ 200
18	标度因数温度模型残差	1×10^{-6}	≤ 200
19	标度因数温度滞环	1×10^{-6}	≤ 500
20	标度因数全温重复性	1×10^{-6}	≤ 500
21	标度因数不对称性	1×10^{-6}	≤ 300
22	标度因数非线性	1×10^{-6}	≤ 1000
23	二阶非线性系数	$\mu g_0/g_0^2$	≤ 200
24	三阶非线性系数	$\mu g_0/g_0^3$	≤ 50
25	输入轴失准角	mrad	≤ 3
26	死区	μg_0	$-20 \sim +20$
27	阈值	μg_0	≤ 50
28	静态分辨率	μg_0	≤ 50
29	动态分辨率	μg_0	≤ 100
30	$0g_0$ 稳定性	μg_0	≤ 50
31	$1g_0$ 稳定性	 1×10^{-6}	≤ 50
32	$0g_0$ 变温滞环	μg_0	≤ 300
33	$1g_0$ 变温滞环	1×10^{-6}	≤ 500
34	$0g_0$ 启动重复性	μg_0	≤ 500
35	$1g_0$ 启动重复性	1×10^{-6}	≤ 500
36	偏值滞环	μg_0	≤ 200
37	标度因数滞环	1×10^{-6}	≤ 200
38	$0g_0$ 冷启动稳定性	μg_0	≤ 100
39	$1g_0$ 冷启动稳定性	1×10^{-6}	≤ 100
40	密封性	$Pa \cdot m^3/s$	$\leq 1 \times 10^{-4}$
41	横向灵敏度	g_0	≤ 0.5
42	转角运动敏感性	$g_0/(\text{rad/s})^2$	$\leq 10^{-4}$
43	启动时间	s	≤ 10

表 B.2 航空领域用典型线加速度计产品特征（续）

序号	检验项目	单位	检验项目指标
44	超调量	%	≤30
45	调整时间	ms	≤50
46	振荡次数	次	≤3
47	带宽	Hz	≥300
48	谐振频率	Hz	≥100
49	振荡度	—	≤1.5
50	噪声	$\mu g_0/\text{Hz}^{1/2}$	≤500
51	振动整流误差系数	$\mu g_0/g_0^2$	≤200
52	低温	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	≤1 000
53	高温	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	≤1 000
54	低气压(高度)	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	≤1 000
55	温度冲击	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	≤1 000
56	加速度	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	≤1000
57	振动	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	≤1 000
58	冲击	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	≤1 000
59	工作寿命	h	≥1 000
60	贮存寿命	a	≥5
61	平均故障间隔时间	h	≥5 000
62	磁环境	1×10^{-6}	≤1 000

B.3 船舶领域用典型线加速度计产品特征

船舶领域重点关注线加速度计的长期稳定性、噪声、温度特性等相关指标,典型产品特征范例见表 B.3。

表 B.3 船舶领域用典型线加速度计产品特征

序号	检验项目	单位	检验项目指标
1	重量	kg	0.01~0.5
2	绝缘电阻	MΩ	≥50
3	输入量程	g_0	≤20
4	偏值	mg_0	≤100
5	偏值一次通电短期稳定性	μg_0	≤30
6	偏值一次通电长期稳定性	μg_0	≤500
7	偏值重复性	μg_0	≤500
8	偏值温度系数	$\mu g_0/^{\circ}\text{C}$	≤200

表 B.3 船舶领域用典型线加速度计产品特征 (续)

序号	检验项目	单位	检验项目指标
9	标度因数	mA/g_0	1.1~1.4
		V/g_0	0.825~1.05
		s^{-1}/g_0	5 000~10 000
		Hz/g_0	30~500
		LSB/g_0	$1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^6$
10	标度因数一次通电短期稳定性	1×10^{-6}	≤ 30
11	标度因数一次通电长期稳定性	1×10^{-6}	≤ 500
12	标度因数重复性	1×10^{-6}	≤ 500
13	标度因数温度系数	$1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	≤ 100
14	标度因数非线性	1×10^{-6}	$\leq 5\ 000$
15	二阶非线性系数	$\mu g_0/g_0^2$	≤ 100
16	输入轴失准角	mrad	≤ 3
17	死区	μg_0	$-20 \sim +20$
18	阈值	μg_0	≤ 50
19	静态分辨率	μg_0	≤ 50
20	$0g_0$ 稳定性	μg_0	≤ 30
21	$1g_0$ 稳定性	1×10^{-6}	≤ 30
22	$0g_0$ 启动重复性	μg_0	≤ 500
23	$1g_0$ 启动重复性	1×10^{-6}	≤ 500
24	偏值滞环	μg_0	≤ 200
25	标度因数滞环	1×10^{-6}	≤ 200
26	$0g_0$ 冷启动稳定性	μg_0	≤ 100
27	$1g_0$ 冷启动稳定性	1×10^{-6}	≤ 100
28	密封性	$\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$\leq 1 \times 10^{-4}$
29	启动时间	s	≤ 10
30	超调量	%	≤ 50
31	调整时间	ms	≤ 50
32	振荡次数	次	≤ 3
33	阻尼比	—	0.3~0.7
34	带宽	Hz	≥ 300
35	谐振频率	Hz	≥ 100
36	振荡度	—	≤ 1.5
37	噪声	$\mu g_0/\text{Hz}^{1/2}$	≤ 500
38	高温	$\mu g_0/(1 \times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$

表 B.3 船舶领域用典型线加速度计产品特征（续）

序号	检验项目	单位	检验项目指标
39	温度冲击	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
40	加速度	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
41	振动	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 000$
42	湿热	—	√
43	盐雾	—	√
44	工作寿命	h	$\geq 1\ 000$
45	贮存寿命	a	≥ 5
46	平均故障间隔时间	h	$\geq 5\ 000$
注：√表示功能性能正常。			

B.4 车辆领域用典型线加速度计产品特征

车辆领域重点关注线加速度计的稳定性、振动特性等相关指标，典型产品特征范例见表 B.4。

表 B.4 车辆领域用典型线加速度计产品特征

序号	检验项目	单位	检验项目指标
1	重量	kg	0.01~0.1
2	绝缘电阻	MΩ	≥ 50
3	输入量程	g_0	≤ 20
4	偏值	mg_0	≤ 100
5	偏值一次通电短期稳定性	μg_0	≤ 100
6	偏值一次通电长期稳定性	μg_0	$\leq 1\ 000$
7	偏值重复性	μg_0	$\leq 1\ 500$
8	偏值温度系数	$\mu g_0/^{\circ}C$	≤ 200
9	标度因数	mA/g_0	1.1~1.4
		V/g_0	0.825~1.05
10	标度因数一次通电短期稳定性	1×10^{-6}	≤ 100
11	标度因数一次通电长期稳定性	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
12	标度因数重复性	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
13	标度因数温度系数	$1\times 10^{-6}/^{\circ}C$	≤ 200
14	标度因数非线性	1×10^{-6}	$\leq 3\ 000$
15	二阶非线性系数	$\mu g_0/g_0^2$	≤ 200
16	输入轴失准角	mrad	≤ 3
17	死区	μg_0	-50~+50
18	阈值	μg_0	≤ 50
19	静态分辨率	μg_0	≤ 50

表 B.4 车辆领域用典型线加速度计产品特征（续）

序号	检验项目	单位	检验项目指标
20	0g ₀ 稳定性	μg ₀	≤100
21	1g ₀ 稳定性	1×10 ⁻⁶	≤100
22	0g ₀ 启动重复性	μg ₀	≤1 000
23	1g ₀ 启动重复性	1×10 ⁻⁶	≤1 000
24	0g ₀ 冷启动稳定性	μg ₀	≤200
25	1g ₀ 冷启动稳定性	1×10 ⁻⁶	≤200
26	启动时间	s	≤30
27	阻尼比	—	0.3~0.7
28	带宽	Hz	≥100
29	谐振频率	Hz	≥100
30	振荡度	—	≤1.5
31	振动整流误差系数	μg ₀ /g ₀ ²	≤200
32	低温	μg ₀ /(1×10 ⁻⁶)	≤1 000
33	高温	μg ₀ /(1×10 ⁻⁶)	≤1 000
34	低气压(高度)	μg ₀ /(1×10 ⁻⁶)	≤1 000
35	温度冲击	μg ₀ /(1×10 ⁻⁶)	≤1 000
36	加速度	μg ₀ /(1×10 ⁻⁶)	≤1 000
37	振动	μg ₀ /(1×10 ⁻⁶)	≤1 000
38	冲击	μg ₀ /(1×10 ⁻⁶)	≤1 000
39	工作寿命	h	≥1 000
40	贮存寿命	a	≥5
41	平均故障间隔时间	h	≥5 000

B.5 石油领域用典型线加速度计产品特征

石油领域重点关注线加速度计的耐高温、振动特性等相关指标,典型产品特征范例见表 B.5。

表 B.5 石油领域用典型线加速度计产品特征

序号	检验项目	单位	检验项目指标
1	重量	kg	0.035~0.2
2	绝缘电阻	MΩ	≥50
3	输入量程	g ₀	≤20
4	偏值	mg ₀	≤30
5	偏值一次通电短期稳定性	μg ₀	≤500
6	偏值一次通电长期稳定性	μg ₀	≤2 000

表 B.5 石油领域用典型线加速度计产品特征（续）

序号	检验项目	单位	检验项目指标
7	偏值重复性	μg_0	$\leq 2\ 000$
8	偏值温度系数	$\mu g_0/^{\circ}\text{C}$	≤ 500
9	标度因数	mA/g_0	1~3
		V/g_0	0.75~2.25
10	标度因数一次通电短期稳定性	1×10^{-6}	≤ 500
11	标度因数一次通电长期稳定性	1×10^{-6}	$\leq 2\ 000$
12	标度因数重复性	1×10^{-6}	$\leq 2\ 000$
13	标度因数温度系数	$1\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	≤ 500
14	输入轴失准角	mrad	≤ 5
15	死区	μg_0	-50~+50
16	阈值	μg_0	≤ 100
17	静态分辨率	μg_0	≤ 100
18	0 g_0 稳定性	μg_0	≤ 500
19	1 g_0 稳定性	1×10^{-6}	≤ 500
20	0 g_0 启动重复性	μg_0	$\leq 1\ 000$
21	1 g_0 启动重复性	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
22	0 g_0 冷启动稳定性	μg_0	$\leq 1\ 000$
23	1 g_0 冷启动稳定性	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
24	启动时间	s	≤ 30
25	振动	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 500$
26	冲击	$\mu g_0/(1\times 10^{-6})$	$\leq 1\ 500$
27	工作寿命	h	≥ 500
28	贮存寿命	a	≥ 5
29	平均故障间隔时间	h	$\geq 3\ 000$

B.6 地质领域用典型线加速度计产品特征

地质领域重点关注线加速度计的稳定性、振动特性等相关指标，典型产品特征范例见表 B.6。

表 B.6 地质领域用典型线加速度计产品特征

序号	检验项目	单位	检验项目指标
1	重量	kg	0.035~0.2
2	绝缘电阻	MΩ	≥ 50
3	输入量程	g_0	≤ 10
4	偏值	mg_0	≤ 50

表 B.6 地质领域用典型线加速度计产品特征（续）

序号	检验项目	单位	检验项目指标
5	偏值一次通电短期稳定性	μg_0	≤ 300
6	偏值一次通电长期稳定性	μg_0	$\leq 1\ 000$
7	偏值重复性	μg_0	$\leq 1\ 000$
8	偏值温度系数	$\mu g_0 / ^\circ\text{C}$	≤ 500
9	标度因数	mA/g_0	1.1~1.4
		V/g_0	0.825~1.05
10	标度因数一次通电短期稳定性	1×10^{-6}	≤ 300
11	标度因数一次通电长期稳定性	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
12	标度因数重复性	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
13	标度因数温度系数	$1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$	≤ 500
14	死区	μg_0	-50~+50
15	阈值	μg_0	≤ 100
16	静态分辨率	μg_0	≤ 100
17	$0g_0$ 稳定性	μg_0	≤ 300
18	$1g_0$ 稳定性	1×10^{-6}	≤ 300
19	$0g_0$ 启动重复性	μg_0	$\leq 1\ 000$
20	$1g_0$ 启动重复性	1×10^{-6}	$\leq 1\ 000$
21	$0g_0$ 冷启动稳定性	μg_0	≤ 600
22	$1g_0$ 冷启动稳定性	1×10^{-6}	≤ 600
23	启动时间	s	≤ 30
24	振动	$\mu g_0 / (1 \times 10^{-6})$	$\leq 1\ 500$
25	冲击	$\mu g_0 / (1 \times 10^{-6})$	$\leq 1\ 500$
26	工作寿命	h	≥ 500
27	贮存寿命	a	≥ 5
28	平均故障间隔时间	h	$\geq 3\ 000$

附录 C
(资料性)

线加速度计测试原理及工作模型

线加速度计是用以测量运动体感受外力产生的惯性加速度,测量值的最终输出单位是 g_0 , 或 m/s^2 。在地球表面,将本地重力加速度矢量的不同分量,复现和传递给被测加速度计,分别采集记录加速度计在不同重力加速度分量作用下的输出,按照特定模型方程拟合,解算出模型参数及参数误差估计结果。

注: 惯性行业所指本地重力加速度矢量的方向,定义为与本地液面垂直,方向冲天。

线加速度计重力场测试的工作原理如图 C.1 所示。测试过程中,通过加速度计的载体-转台设备或多面体工装,相对本地铅锤矢量,翻滚不同的多个转角,实现不同 g_0 值分量对被测加速度计的复现和传递。

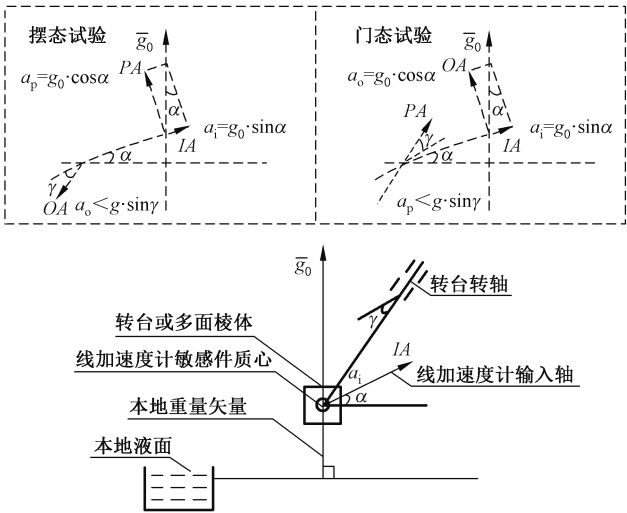


图 C.1 线加速度计重力场测试的工作原理图

图 C.1 中,作用于加速度计输入轴(IA)的本地重力加速度分量 a_i 、作用于摆轴(PA)的本地重力加速度分量 a_p 、作用于输出轴(OA)的本地重力加速度分量 a_o 的大小,分为摆态试验和门态试验,按照正余弦关系投影定义如公式(C.1)所示。

$$\begin{aligned} \text{摆态测试模型} & \begin{cases} a_i = g_0 \sin \alpha \\ a_p = g_0 \cos \alpha \\ a_o < g_0 \sin \gamma \end{cases} \\ \text{门态测试模型} & \begin{cases} a_i = g_0 \sin \alpha \\ a_o = g_0 \cos \alpha \\ a_p < g_0 \sin \gamma \end{cases} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:
 g_0 —— 本地重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);
 α —— 加速度计输入轴与水准面的夹角,单位为弧度(rad)或度($^\circ$);
 γ —— 加速度计输出轴(包含转台转轴)与水准面的夹角,单位为弧度(rad)或角秒($''$)。
公式(C.1)定义为重力场测试的基本工作模型。针对非陀螺类线加速度计,由于对本地地球转速矢量不敏感,图 C.1 中叙述的情况,暂不考虑本地北向地球转速矢量的影响。

附 录 D
(资料性)
线加速度计温度模型

D.1 加速度计温度模型

加速度计模型系数相对于温度采用最小二乘法多项式拟合,温度模型如公式(D.1)所示。

$$Y_T = B_0 + B_1 T + \cdots + B_m T^m = \sum_{p=0}^m B_p T^p \quad \cdots \cdots \cdots (D.1)$$

式中:

Y_T —— 温度模型试验加速度计各模型系数;

T —— 试验的夹具温度或加速度计内部温度输出,单位为摄氏度(℃);

B_p —— 温度模型多项式系数, $p=0, 1, \cdots, m$;

m —— 温度模型多项式阶数。

D.2 加速度计温度模型矩阵表达式

为便于计算,可将公式(D.1)写成矩阵表达式,如公式(D.2)所示。

$$Y = XB + \varepsilon \quad \cdots \cdots \cdots (D.2)$$

式中:

Y —— 数据阵;

X —— 结构阵;

B —— 系数阵;

ε —— 残差。

附录 E (资料性) 线加速度计离心模型

E.1 加速度计离心模型

加速度计非线性系数相对于加速度采用最小二乘法多项式拟合,得到离心模型如公式(E.1)所示。

$$a(s) = \frac{E_i}{K_1} = K_{0+} + K_{0-} + (1 + c_+)a_{i+} + (1 + c_-)a_{i-} + K_2(a_{i+}^2 + a_{i-}^2) + K_{0q}(a_{i+}^2 - a_{i-}^2) + K_3(a_{i+}^3 + a_{i-}^3) \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

- a_{i+} 和 a_{i-} ——基于被测半径的输入加速度加上复合向心加速度的最佳估值。带下标+的项仅当 $a_i > 0$ 时适用,带下标-的项仅当 $a_i < 0$ 时适用;
- c_+ 和 c_- ——由于失准和径向测量误差引起的输入加速度误差的修正因子;
- $a(s)$ ——加速度计输出所指示的加速度, g_0 ;
- E_i ——加速度计输出,输出单位为毫安(mA)、伏特(V)、脉冲数每秒(s^{-1})、赫兹(Hz)等;
- K_1 ——标度因数,表示为毫安每重力加速度(mA/g_0)、伏特每重力加速度(V/g_0)、脉冲数每秒每重力加速度(s^{-1}/g_0)、赫兹每重力加速度(Hz/g_0)、数字量每重力加速度(LSB/g_0)等;
- K_{0+} ——正向偏值, g_0 ;
- K_{0-} ——负向偏值, g_0 ;
- a_i ——输入加速度, g_0 ;
- K_2 ——二阶非线性系数, g_0/g_0^2 ;
- K_3 ——三阶非线性系数, g_0/g_0^3 ;
- K_{op} ——奇异二阶非线性系数, g_0/g_0^2 。

E.2 加速度计离心修正模型

加速度计离心修正模型如公式(E.2)所示。

$$a(s) = K_{0+} + K_{0-} + a_{i+}^* + a_{i-}^* + K_2(a_{i+}^{*2} + a_{i-}^{*2}) + K_{0q}(a_{i+}^{*2} - a_{i-}^{*2}) + K_3(a_{i+}^{*3} + a_{i-}^{*3}) \dots\dots (E.2)$$

式中:

- $a_{i+}^* = (1 + c_{1+})(1 + c_{2+})(1 + c_{3+}) \dots (1 + c_{n+})a_{i+}$, $a_{i-}^* = (1 + c_{1-})(1 + c_{2-})(1 + c_{3-}) \dots (1 + c_{n-})a_{i-}$;
- a_{i+}^* 、 a_{i-}^* ——输入加速度的修正值,修正时利用了 $c_{1+} \dots c_{n+}$ 和 $c_{1-} \dots c_{n-}$ 产生的 c_+ 和 c_- 的连续序列。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2421 环境试验概述和指南
 - [2] GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 按接收质量界限(AQL)检索的逐批检验抽样计划
 - [3] GB/T 17626.29 电磁兼容 试验和测量技术 直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
 - [4] GB/T 20001.10 标准编写规则 第10部分:产品标准
 - [5] QJ 895 惯性仪表术语
 - [6] JJF 1116 线加速度计的精密离心机校准规范
 - [7] 杨立溪.惯性技术手册[M].北京:中国宇航出版社,2013.
-

