



中华人民共和国国家军用标准

FL 5827

GJB 1801—93

惯性技术测试设备 主要性能试验方法

Testing methods of major performance for
test equipments of inertial technology

1993—12—20 发布

1994—08—01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

目 次

1 范围	(1)
1.1 主题内容	(1)
1.2 适用范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 定义	(1)
3.1 术语	(1)
3.2 符号、代号	(2)
4 一般要求	(3)
5 详细要求	(3)
5.1 主要性能的试验项目	(3)
5.2 试验方法	(4)
方法 101 倾角回转误差试验	(5)
方法 102 径向回转误差试验	(8)
方法 103 轴线垂直度试验	(10)
方法 104 角位置测量试验	(14)
方法 105 角位置控制试验	(17)
方法 106 角位置定位试验	(19)
方法 107 角速率试验	(22)
方法 108 滑环绝缘电阻及接触电阻试验	(25)
附录 A 各采样点倾角回转误差数据处理	(27)
附录 B 排列互比法(补充件)	(28)

中华人民共和国国家军用标准

惯性技术测试设备 主要性能试验方法

GJB 1801—93

Testing methods of major performance for
test equipments of inertial technology

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了惯性技术测试设备主要性能的试验方法。

1.2 适用范围

本标准适用于航空、航天、航海、兵器及大地测量等领域中惯性敏感器和惯性系统性能试验所用的测试设备。

2 引用文件

GB 3100~3102 量和单位

GB 8170 数值修约规则

GJB 585 惯性技术术语

3 定义

3.1 术语

本标准未作规定的术语、符号、代号按 GB 3100~3102, GJB 585 规定。

3.1.1 回转轴线 axis of rotation

是一条转台轴绕其旋转的线段,此线段与转台轴一起运动,并相对于回转轴线的平均线呈现出轴向的、径向的和倾角的运动。

3.1.2 回转轴线平均线 axis average line

一条相对地固定在转台轴座上的参考线段,它恰好固定在转台轴回转轴线的平均位置上。

3.1.3 倾角回转误差 angular error motion

回转轴线相对于回转轴线平均线的倾角变化量。

3.1.4 径向回转误差 radial error motion

回转轴线相对于回转轴线平均线的径向变化量。

3.1.5 轴线垂直度 orthogonality

两轴线之间的角度与 90° 的偏差角。轴线垂直度分为回转轴线垂直度和平均轴线垂直度。

3.1.6 角位置测量重复性 angle measuring repeatability

在同一条件下,角位置测量系统重复测量同一角度的一致程度。

3.1.7 角位置测量精度 angle measuring accuracy

角位置测量系统角度显示值与实测值之差。

3.1.8 角位置测量分辨力 angle measuring resolution

角位置测量系统显示的最小增量。

3.1.9 角位置控制重复性 angle control repeatability

在同一条件下,重复输入同一指令,被控转台角位置测量系统显示值的一致程度。

3.1.10 角位置控制精度 angle control accuracy

在控制状态下,角位置测量系统显示值与给定值之差。

3.1.11 角位置控制分辨力 angle control resolution

在控制状态下,被控转台最小角位置的控制增量。

3.1.12 角位置定位重复性 angle positioning repeatability

在同一条件下,重复输入同一指令,被控转台角位置实测值的一致程度。

3.1.13 角位置定位精度 angle positioning accuracy

在控制状态下,转台的角位置实测值与角位置给定值之差。

3.1.14 定角测时 fixed angle measuring time

测量转轴转过规定角度所需的时间。

3.1.15 定时测角 fixed time measuring angle

测量转轴在规定时间内所转过的角度。

3.1.16 速率精度 rate accuracy

被控转台的平均角速率和给定角速率之差与给定角速率的比。

3.1.17 速率分辨力 rate resolution

改变给定角速率,得到被控转台速率输出的最小增量。

3.1.18 速率平稳性 rate stability

被控转台实际速率对其平均速率的波动程度。

3.1.19 滑环绝缘电阻 slip ring insulation resistance

用绝缘材料隔开的两个导电环或导电环与壳体之间,在规定条件下的电阻值。

3.1.20 滑环接触电阻 slip ring contact resistance

滑环组件中每个导电环与电刷之间在相对静止状况下的电阻值。

3.1.21 滑环接触电阻变化量 slip ring variation of contact resistance

在规定的电流和转速条件下,每个导电环与电刷之间的电阻变化量。

3.2 符号、代号

i、m、o——转台内、中、外轴;

W——轴线倾角回转误差(");

L——轴线径向回转误差, μm ;

V_{ij} ——回转轴线垂直度, (");

V_{ij} ——平均轴线垂直度, (");

ϵ_a ——角位置测量重复性, (");
 U_a ——角位置测量精度, (");
 R_a ——角位置测量分辨力, (°)、(");
 ϵ_{ac} ——角位置控制重复性, (");
 U_{ac} ——角位置控制精度, (");
 R_{ao} ——角位置控制分辨力, (°)、(");
 ϵ_{ap} ——角位置定位重复性, (");
 U_{ap} ——角位置定位精度, (");
 U_w ——速率精度;
 R_w ——速率分辨力, (°)/s;
 σ_w ——速率平稳性。

4 一般要求

4.1 供电电源

$\sim 220 \pm 22\text{V}$, $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$;
 $\sim 380 \pm 38\text{V}$, $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$ 。

4.2 测量仪器及设备

4.2.1 测量仪器、设备的各项技术指标应按国家规定的有关标准或计量检定规程检定合格。

4.2.2 测量仪器和设备的精度应比惯性技术测试设备的精度至少高 3 倍。

4.3 数据处理

4.3.1 一般按正态分布的统计规律处理测量数据。

4.3.2 用有限次测量数据来估计测量值 X_i 的数字期望和标准偏差 σ 。

$$\text{算术平均值 } \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{标准偏差 } \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

式中: γ_i —— 残差, $i=1, 2, \dots, n$

4.3.3 测量结果的置信度概率取 68.27% 或 99.73%, 置信区间 $\pm \sigma(x)$ 或 $\pm 3\sigma(x)$ 。

4.3.4 进行精度评定统计计算时的数据修改, 按 GB 8170 修约。

5 详细要求

5.1 主要性能的试验项目

- a. 倾角回转误差试验(方法 101);
- b. 径向回转误差试验(方法 102);
- c. 轴线垂直度试验(方法 103);
- d. 角位置测量试验(方法 104);

- e. 角位置控制试验(方法 105);
- f. 角位置定位试验(方法 106);
- g. 速率试验(方法 107);
- h. 滑环绝缘电阻及接触电阻试验(方法 108)。

5.2 试验方法

方 法 101

倾角回转误差试验

1 试验目的

检测回转轴线在规定工作位置上的倾角回转误差。

2 试验仪器

光电自准直仪(下称光管),分辨力不低于 $0.1''$;

平面反射镜(下称平面镜);

数字式电子水平仪(下称水平仪),分辨力不低于 $0.2''$ 。

3 试验环境条件

环境温度: $20 \pm 2^\circ\text{C}$;

相对湿度: $\leq 70\%$;

隔震要求:被测转台放在隔震基础上,周围无剧烈振动和冲击。

4 试验方法

4.1 方法 1(光学法)

利用光学自准直原理测量回转轴线倾角回转误差。

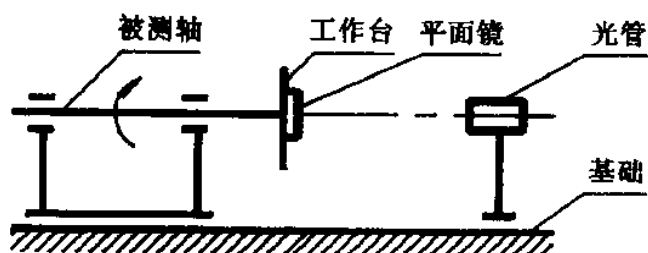


图 101—1

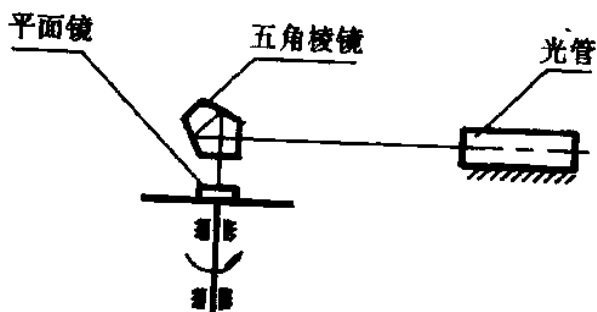


图 101—2

在工作台面上或被测件安装位置处安装一可调整的平面镜。光管和被测轴机座放置在同

一基础上。调整光管位置使光轴与被测轴线初步对准,见图 101-1。测量竖轴时加五棱镜,见图 101-2。

旋转被测轴,调整镜面与轴线垂直(即光管分划板十字交点在旋转一周内的变化量尽量小)。

被测轴按 5° 间隔旋转一周,被测轴角位置 $\theta = i \times 5^\circ, i = 1, \dots, 72$ 。记下被测轴在各相应角位置上光管水平坐标 x 向的读数,记为 W_{xi} 。再将光管绕光管轴线转 90° ,记下被测轴在各相应角位置上光管垂直坐标 Y 向的读数,记为 W_{yi} 。

4.2 方法 2(水平仪法)

将两台电子水平仪互相垂直放置或一台水平仪分两次互相垂直放置在工作台面的某一位置上,见图 101-3。按照方法 1 记下被测轴在各相应角位置上电子水平仪在两个垂直坐标方向上的读数 W_{xi} 、 W_{yi} 。

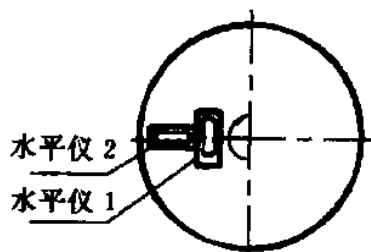


图 101-3

5 数据处理及结果评定

5.1 数据处理

测量值 W_{xi} 、 W_{yi} 是被测轴转角位置的周期函数。

数据处理方法是先将测量值 W_{xi} 、 W_{yi} 分别展成富氏级数,然后扣除光管零位误差和平面镜与旋转轴线安装不垂直形成的零次和一次谐波分量即可得到倾角回转误差的两个直角坐标分量 ΔW_{xi} 、 ΔW_{yi} ,合成两分量得 W_i 。

a. 富里哀分析

将周期函数 W_{xi} 、 W_{yi} 展成富氏级数

$$W_{xi} = \frac{a_{x0}}{2} + \sum_{k=1}^i [a_{xk} \cos(k\theta) + b_{xk} \sin(k\theta)] \dots\dots\dots (101-1)$$

$$W_{yi} = \frac{a_{y0}}{2} + \sum_{k=1}^i [a_{yk} \cos(k\theta) + b_{yk} \sin(k\theta)]$$

式中: $i = 1, \dots, 72$;

k 为谐波次数;

零次和一次项富氏系数为 a_{x0} 、 a_{y0} 和 a_{x1} 、 b_{x1} 、 a_{y1} 、 b_{y1} , 单位: ($''$)。

$$a_{x0} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n W_{xi}$$

$$a_{xi} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n W_{xi} \cos \theta \dots\dots\dots (101-2)$$

$$b_{xi} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n W_{xi} \sin \theta$$

$$a_{yo} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n W_{yi}$$

$$a_{yi} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n W_{yi} \cos \theta \dots\dots\dots (101-3)$$

$$b_{yi} = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n W_{yi} \sin \theta$$

b. 扣除安装误差

从富氏级数中扣除光管零位和平面镜与轴线安装不垂直造成的零次和一次谐波分量,得到倾角回转误差的两个正交分量 $\Delta W_{xi}, \Delta W_{yi}$

$$\begin{aligned} \Delta W_{xi} &= W_{xi} - a_{xo} - a_{xi} \cos \theta - b_{xi} \sin \theta \dots\dots\dots (101-4) \\ \Delta W_{yi} &= W_{yi} - a_{yo} - a_{yi} \cos \theta - b_{yi} \sin \theta \end{aligned}$$

c. 倾角回转误差计算:

$$W_i = \sqrt{\Delta W_{xi}^2 + \Delta W_{yi}^2} \dots\dots\dots (101-5)$$

5.2 结果评定

倾角回转误差为:

$$W = \pm \{W_i\}_{max} \dots\dots\dots (101-6)$$

注:① 如需求各采样点倾角回转误差实测值时可按附录 A 进行;

② 允许用绘图法进行倾角回转误差试验。

方 法 102

径向回转误差试验

1 试验目的

检测回转轴线在规定工作位置上的径向回转误差。

2 试验仪器

标准钢球

电容传感器

3 试验环境条件

环境温度: $20 \pm 2^\circ\text{C}$;

相对湿度: $\leq 70\%$;

隔震要求: 被测转台放在隔震基础上, 周围无剧烈振动和冲击。

4 试验方法

将带座标准钢球安装在被测旋转轴上, 电容传感器安装在被测轴的机座上。将球心调整到被测轴线上, 电容传感器分别在垂直于轴线平面内的直角坐标轴 X 和 Y 方向上对准钢球。见图 102—1。

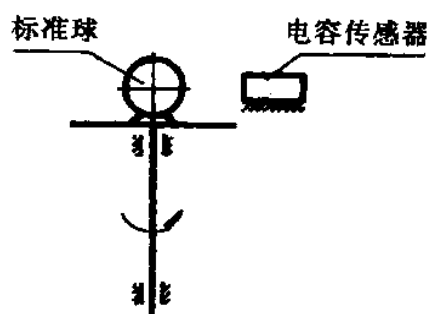


图 102—1

被测轴按 5° 间隔旋转一周, 转轴角位置 $\theta = i \times 5^\circ, i = 1, \dots, 72$ 。用电容传感器分别读取和记录被测轴在各相应角位置上 X 和 Y 向的测量值 X_i 和 Y_i 。

5 数据处理及评定结果

5.1 数据处理

测量值 x_i 和 y_i 是被测轴角位置的周期函数, 数据处理方法是先将 x_i, y_i 分别展成富氏级数, 然后扣除标准球球形和定心误差造成的零次和一次谐波分量可得到径向回转误差的两个直角坐标分量 $\Delta X_i, \Delta Y_i$ 合成两分量得 L_i 。

a. 富里哀分析

将周期函数 x_i, y_i 展成富氏级数

$$\begin{aligned}
 x_i &= \frac{a_{xo}}{2} \sum_{k=1}^i [a_{xk} \cos(k\theta) + b_{xk} \sin(k\theta)] \dots\dots\dots (102-1) \\
 y_i &= \frac{a_{yo}}{2} \sum_{k=1}^i [a_{yk} \cos(k\theta) + b_{yk} \sin(k\theta)]
 \end{aligned}$$

式中: $i=1, \dots, 72$

K 为谐波次数

零次和一次项富氏系数为 a_{xo} 、 a_{yo} 和 a_{x1} 、 b_{x1} 、 a_{y1} 、 b_{y1} 单位: μm 。

$$\begin{aligned}
 a_{xo} &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n X_i \\
 a_{x1} &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n X_i \cos\theta \dots\dots\dots (102-2) \\
 b_{x1} &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sin\theta \\
 a_{yo} &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \\
 a_{y1} &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \cos\theta \dots\dots\dots (102-3) \\
 b_{y1} &= \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \sin\theta
 \end{aligned}$$

b. 扣除钢球球形和定心误差

从富氏级数中扣除标准球球形和定心误差造成的零次和一次谐波分量。

$$\begin{aligned}
 \Delta X_i &= X_i - a_{xo} - a_{x1} \cos\theta - b_{x1} \sin\theta \dots\dots\dots (102-4) \\
 \Delta Y_i &= Y_i - a_{yo} - a_{y1} \cos\theta - b_{y1} \sin\theta
 \end{aligned}$$

c. 径向回转误差计算

$$L_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2} \dots\dots\dots (102-5)$$

5.2 结果评定

径向回转误差为

$$L = \pm \{L_i\}_{\max} \dots\dots\dots (102-6)$$

注: 允许用绘图法进行径向回转误差试验。

方 法 103

轴线垂直度试验

1 试验目的

检测两个正交轴线的垂直度。

2 试验仪器

光电自准直仪(下称光管),分辨力不大于 $0.1''$;

平面反射镜(下称平面镜)。

3 试验环境条件

环境温度: $20 \pm 2^\circ\text{C}$;

相对湿度: $\leq 70\%$;

隔震要求:被测转台放在隔震基础上,周围无剧烈振动和冲击。

4 试验方法

两正交回转轴线 1 和 2 的垂直误差角 θ 如图 103—1a

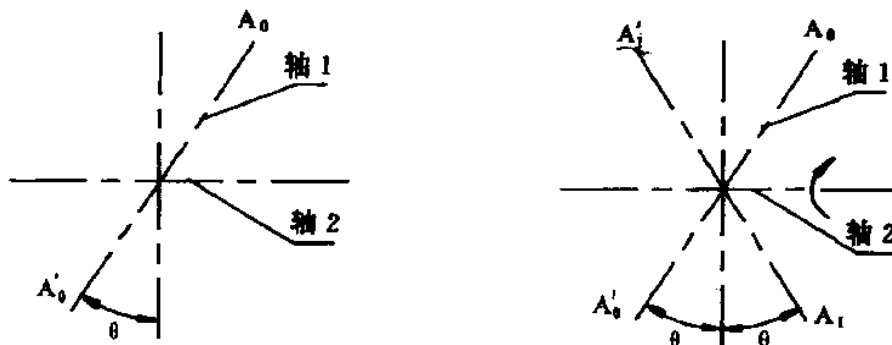


图 103—1

轴线 1 绕轴线 2 转动 180° 则轴线 1 由位置 $A_0A'_0$ 变到 $A_1A'_1$ 。测量轴线转位前后的夹角即可得到两倍的垂直误差角 2θ , 如图 103—1b。

4.1 回转轴线垂直度

在被测轴 1 一端安装一块双面反射镜(轴内必须有光路通孔)或在轴 1 两端各安装一块平面镜 I 和 II, 光管处于水平位置并对准轴 1 一端, 见图 103—2。

分别调整镜 I、镜 II 与轴线 1 垂直。先使光管对准镜 I 记下光管水平方向读数 θ_{11} 。再将轴 1 按 45° 间隔转动 360° , 记下读数 $\theta_{12}, \dots, \theta_{18}$ 。然后再将轴 2 转动 180° , 记下光管对准镜 I (双面镜) 或镜 II (单面镜) 光管水平方向读数 θ_{11} , 再将轴 1 按 45° 间隔转动 360° , 记下读数 $\theta_{12}, \dots, \theta_{18}$ 。

4.2 平均轴线垂直度

转台相邻两回转轴线有两种工作状态, 一种为有一轴线铅垂而另一轴线水平, 另一种为两

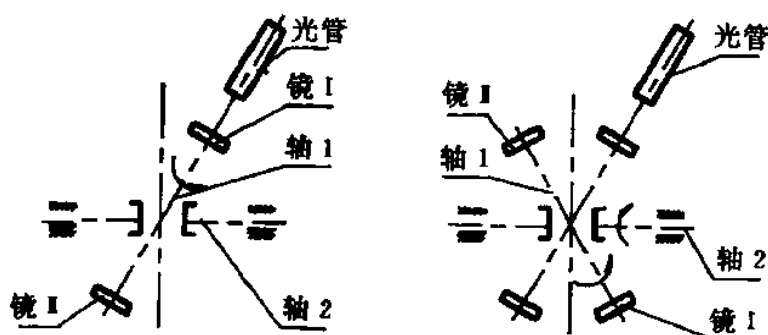


图 103-2

轴线均水平,其试验方法相同,本方法以两轴线均呈水平工作状态为例说明。

a. 在被测轴 1 一端安装一块双面平面镜(轴内须有光路通孔)或在轴 1 两端各安装一块平面镜,在轴 2 一端安装一块平面镜。在两轴线方向安装两个光管,使轴 1、轴 2、光管 I、光管 II 处于水平状态。调整平面镜,使镜 I、镜 II 与轴线 1 垂直,镜 III 与轴线 2 垂直,见图 103-3。

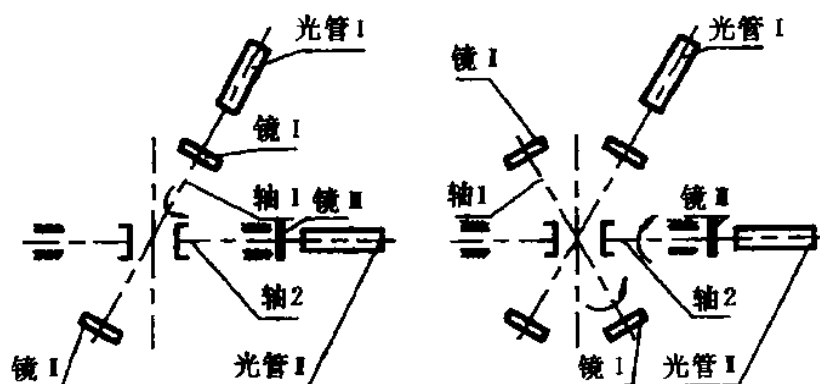


图 103-3

使光管 I 对准镜 I,光管 II 对准镜 III,记下光管 I 和 II 水平方向读数, $\theta_{1.1}, \theta_{2.1}$ 。将轴 2 固定,使轴 1 以 $\theta_{1.1}$ 为起点,以 5° 角度间隔转动 360° ,记下光管 I 相应的读数为: $\theta_{1.2}, \dots, \theta_{1.72}$ 。

将轴 2 转动 180° ,使镜 III 对准光管 I,记下光管 I 的读数 $\theta'_{1.1}$,光管 II 的读数 $\theta'_{2.37}$ 。将轴 2 固定,使轴 1 以 $\theta'_{1.1}$ 为起点,以 5° 角度间隔转动 360° ,记下光管 I 相应的读数: $\theta'_{1.2}, \dots, \theta'_{1.72}$ 。

将轴 2 转动 180° ,使镜 I 对准光管 I,调轴 1 使光管 I 的读数为 $\theta_{1.1}$ 。调轴 2 使光管 2 的读数为 $\theta_{2.1}$ 。将轴 1 固定,使轴 2 以 $\theta_{2.1}$ 为起点,以 5° 间隔转动 360° ,记下光管 II 相应的读数 $\theta_{2.2}, \dots, \theta_{2.72}$ 。

b. 当有一轴铅垂另一轴水平时,令水平轴为轴 1,铅垂轴为轴 2。在确定被测轴 2 的倾角试验测量方向时,应注意将其光管的倾角测量方向与轴 1 平行。

5 数据处理及结果评定

5.1 回转轴线垂直度

5.1.1 数据处理

计算轴 2 与轴 1 在四种相对位置上的垂直度

$$\begin{aligned}
 V_{12}^1 &= \frac{\frac{1}{2}(\theta_{1.1} + \theta_{1.5}) - \frac{1}{2}(\theta'_{1.1} + \theta'_{1.5})}{2} \\
 V_{12}^2 &= \frac{\frac{1}{2}(\theta_{1.2} + \theta_{1.6}) - \frac{1}{2}(\theta'_{1.2} + \theta'_{1.6})}{2} \\
 V_{12}^3 &= \frac{\frac{1}{2}(\theta_{1.3} + \theta_{1.7}) - \frac{1}{2}(\theta'_{1.3} + \theta'_{1.7})}{2} \\
 V_{12}^4 &= \frac{\frac{1}{2}(\theta_{1.4} + \theta_{1.8}) - \frac{1}{2}(\theta'_{1.4} + \theta'_{1.8})}{2}
 \end{aligned} \dots\dots\dots (103-1)$$

式中: V_{12}^1 —— 轴 2 与轴 1 在 $\theta_{1.1}, \theta_{1.5}$ 相对位置下的两回转轴线垂直度, (");

V_{12}^2 —— 轴 2 与轴 1 在 $\theta_{1.2}, \theta_{1.6}$ 相对位置下的两回转轴线垂直度, (");

V_{12}^3 —— 轴 2 与轴 1 在 $\theta_{1.3}, \theta_{1.7}$ 相对位置下的两回转轴线垂直度, (");

V_{12}^4 —— 轴 2 与轴 1 在 $\theta_{1.4}, \theta_{1.8}$ 相对位置下的两回转轴线垂直度, (")。

5.1.2 结果评定

回转轴线垂直度误差为

$$V_{12} = \pm \{V_{12}\}_{\max} \dots\dots\dots (103-2)$$

5.2 平均轴线垂直度

5.2.1 数据处理

a. 计算轴线水平倾角平均值

$$\begin{aligned}
 \bar{\theta}_2 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta_{2i}, & N &= 72 \\
 \bar{\theta}_1 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta'_{1i} \dots\dots\dots (103-3) \\
 \bar{\theta}_1 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta'_{1i}
 \end{aligned}$$

式中: $\bar{\theta}_2$ —— 轴 2 水平倾角平均值, 单位: (");

$\bar{\theta}_1$ —— 轴 1 在轴 2 为 $\theta_{2.1}$ 状态下, 轴 1 的水平倾角平均值, (");

$\bar{\theta}_1$ —— 轴 1 在轴 2 为 $\theta_{2.37}$ 状态下, 轴 1 的水平倾角平均值, (");

N —— 测量点数。

b. 计算轴 2 的水平倾角

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 &= \theta_{2.1} - \bar{\theta}_2 \\
 \alpha_2 &= \theta_{2.37} - \bar{\theta}_2
 \end{aligned} \dots\dots\dots (103-4)$$

式中: α_1 —— 轴 2 在 $\theta_{2.1}$ 位置时, 轴 2 相对于平均轴线的水平倾角, (");

α_2 —— 轴 2 在 $\theta_{2.37}$ 位置时, 轴 2 相对于平均轴线的水平倾角, (")。

5.2.2 结果评定

平均轴线垂直度为

$$\bar{V}_{12} = \pm \frac{(\bar{\theta}_1 - \alpha_2) - (\bar{\theta}_1 - \alpha_1)}{2} \dots\dots\dots (103-5)$$

方 法 104

角位置测量试验

1 试验目的

检测转台轴在 360° 范围内,有输出显示的任意角位置的测量重复性、测量精度及分辨力。

2 试验仪器

小角度测量仪:

光电自准直仪(下称光管),分辨力不低于 $0.1''$;

360 齿多齿分度台(下称 360 齿盘)和平面反射镜(下称平面镜);

391 齿多齿分度台(下称 391 齿盘)和平面反射镜(下称平面镜);

23 面棱体,1 级;

24 面棱体,1 级。

3 试验环境条件

环境温度: $20 \pm 2^\circ\text{C}$;

相对湿度: $\leq 70\%$;

隔震要求:被测转台放在隔震基础上,周围无剧烈振动和冲击;

电磁场要求:测试现场周围无强电磁干扰。

4 试验方法

试验前将多面棱体或多齿齿盘和平面镜安装在转台被测轴的旋转中心,将光管安装于被测轴静止部分或良好的隔震基础上,使光管光轴线垂直于棱体面或平面镜。启动转台测角系统,使其工作正常、稳定。

4.1 角位置测量重复性

试验采用 23 面棱体或 391 齿盘和平面镜,从被测轴任意角位置 θ_i 开始,使棱体 1 面或平面镜对准光管,记下光管读数 a_{1i} ,以角位置测量系统数字显示为准,依次使被测轴转动棱体规定的角度 θ_i ,记下光管相应读数 a_{2i} 。以 θ_i 开始,反向转动被测轴,重复上述试验,记下光管相应读数 a_{2i} 。采用齿盘时应依次将齿盘逆向转过转轴所转的角度,使平面镜对准光管。

4.2 角位置测量精度

4.2.1 分项试验法

4.2.1.1 分度精度

试验采用 24 面棱体或 360 齿盘和平面镜。从被测轴角位置测量系统数字显示 0 位开始,记下光管的读数 a_1 ,以数字显示为准,依次使轴转动 15° 并记下光管相应读数 $a_1, \dots, a_{24}$ 。采用齿盘时应依次将齿盘反转 15° 使平面镜对准光管。

4.2.1.2 细分精度

a. 细分精度试验利用小角度测量仪,根据可选择的小角度测量仪的具体使用要求,将其转动部分装于被测轴上,静止部分装于转台静止部分或良好隔震基础上;

b. 在被测轴 360° 之内,选择三个角位置进行细分试验。角位置测量系统数字显示 0° 位置,和根据分度精度得出的最大正误差的角位置 θ_m 与最大负误差的角位置 θ_n 。细分角度间隔的选

择;当采用 720 极感应同步器为测角元件时,细分角度间隔为 1° 细分点数为 17;当采用其它测角元件时,角度间隔选择为其细分的一个周期,细分点数不少于 9;

c. 0° 位置细分试验从数字显示 0 位置开始,记下小角度测量仪的读数 $b_{0.1}$,以角位置测量系统数字显示为准,依次转动回转轴 $1^\circ/17$ 的角度间隔,分别记下小角度测量仪读数 $b_{0.2}, \dots, b_{0.17}$ 。

θ_m 和 θ_n 位置细分试验方法同上,小角度测量仪的相应读数分别记为 $b_{1.1}, \dots, b_{1.17}; b_{2.1}, \dots, b_{2.17}$ 。

4.2.2 综合试验法

试验采用 23 面棱体或 391 齿盘和平面镜。从被测轴角位置测量系统数字显示 0 位置起,记下光管的初读数 c_1 ,以数字显示为准依次使轴转动棱体面规定的角度,记下光管相应读数 $c_2, \dots, c_{23}$ 。

采用齿盘时,应依次将齿盘逆向转过被测轴所转的角度,使平面镜对准光管。

注:采用分项试验法和综合试验法时,仪器精度不能满足检验要求时则采用排列互比法,见附录 B。

4.3 角位置测量分辨力

用转台的微调机构微动被测轴,以目测法观察被测轴角位置数字显示,最小增量即为角位置的分辨力。

5 数据处理及结果评定

5.1 角位置测量重复性

5.1.1 数据处理

$$\begin{aligned} e_{1,i} &= a_{1,i+1} - a_{1,i} \dots\dots\dots (104-1) \\ e_{2,i} &= a_{2,i+1} - a_{2,i} \end{aligned}$$

式中: $e_{1,i}$ —— 被测轴正转时,相邻测试点实测值之差, (");

$e_{2,i}$ —— 被测轴反转时,相邻测试点实测值之差, (");

$$\epsilon_a = \pm 3 \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (e_{1,i} - e_{2,i})^2} \dots\dots\dots (104-2)$$

N —— 角位置测量点数。

5.2 角位置测量精度

5.2.1 分项测试法

5.2.1.1 数据处理

a. 分度误差

$$e_{ai} = a_i - a_1 - \Delta_i \dots\dots\dots (104-3)$$

式中: e_{ai} —— 以角位置测量系统数字显示 0 为基准的圆周分度误差,单位: (");

Δ_i —— 棱体相应面的修正值,单位: (")。

取 e_{ai} 中正最大分度误差 e_i^+ 和负最大分度误差 e_i^- ,并由此确定被测轴相应的角位置 θ_1 和 θ_2 。

b. 细分误差

$$\begin{aligned}
 e_{b0,i} &= b_{0,i} - b_{0,1} - \frac{i}{N}\theta_T \\
 e_{b1,i} &= b_{1,i} - b_{1,1} - \frac{i}{N}\theta_T \dots\dots\dots (104-4) \\
 e_{b2,i} &= b_{2,i} - b_{2,1} - \frac{i}{N}\theta_T
 \end{aligned}$$

式中: $e_{b0,i}$ —— 0° 位置细分误差, (");

$e_{b1,i}$ —— θ_1 位置细分误差, (");

$e_{b2,i}$ —— θ_2 位置细分误差, (");

θ_1 —— 细分角度间隔, (");

N —— 细分点数。

取 $e_{b0,i}; e_{b1,i}; e_{b2,i}$ 中正最大细分误差 e_2^+ 和负最大细分误差 e_2^- 。

5.2.1.2 结果评定

$$\begin{aligned}
 +U_\alpha &= \sqrt{(e_1^+)^2 + (e_2^+)^2} \dots\dots\dots (104-5) \\
 -U_\alpha &= \sqrt{(e_1^-)^2 + (e_2^-)^2}
 \end{aligned}$$

角位置测量精度为 $+U_\alpha, -U_\alpha$ 。

5.2.2 综合试验法

5.2.2.1 数据处理

$$e_\alpha = c_i - c_1 - \Delta_i \dots\dots\dots (104-6)$$

式中: e_α —— 各试验点的角位置误差, (");

Δ_i —— 棱体相应面的修正值, (")。

5.2.2.2 结果评定

取 e_α 中正最大误差 e_0^+ 和负最大误差 e_0^-

$$\begin{aligned}
 +U_\alpha &= e_0^+ \dots\dots\dots (104-7) \\
 -U_\alpha &= e_0^-
 \end{aligned}$$

角位置测量精度为 $+U_\alpha, -U_\alpha$ 。

方 法 105

角位置控制试验

1 试验目的

检测转台角位置控制系统的重复性、精度及分辨力。

2 试验仪器

经检定的被测轴角位置测量系统数字显示装置。

3 试验环境条件

环境温度: $20 \pm 2^\circ\text{C}$ (适用于高于 $\pm 2''$ 的精度);

$20 \pm 3^\circ\text{C}$ (适用于高于 $\pm 5''$ 的精度);

相对湿度: $\leq 70\%$;

隔震要求: 被测转台放在隔震基础上, 周围无剧烈振动和冲击;

电磁场要求: 测试现场周围无强电磁干扰。

4 试验方法

转台工作在角位置自动控制状态下, 以给定位置指令使转台轴自动转到预定角位置。

4.1 角位置控制重复性及精度试验

依次给角度 $\theta_i = i \times 360^\circ / 7$ 角位置指令, 使转台正向和反向各转动一圈。在每一位置上待系统稳定后读取角位置测量系统数字显示值。读数记为 $a_{11}, \dots, a_{17}, a_{21}, \dots, a_{27}$ 。

4.2 角位置控制分辨力

被测轴处于角位置控制状态, 并定位于任意角位置, 记下被测轴角位置测量系统数字显示值 d_1 , 通过转台角位置控制系统给出最小位置指令当量, 记下角位置测量系统数字显示值 d_2 。

5 数据处理及结果评定

5.1 角位置控制重复性

5.1.1 数据处理

$$e_{1,i} = a_{1,i+1} - a_{1i} \dots\dots\dots (105-1)$$

$$e_{2,i} = a_{2,i+1} - a_{2i}$$

$$\epsilon_{\infty} = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (e_{1,i} - e_{2,i})^2} \dots\dots\dots (105-2)$$

式中: $e_{1,i}$ —— 被测轴正转时, 相邻测试点实测值之差, ($''$);

$e_{2,i}$ —— 被测轴反转时, 相邻测试点实测值之差, ($''$)。

N —— 位置测量点数。

5.2 角位置控制精度

5.2.1 数据处理

$$U_{1\infty i} = a_{1i} - \theta_i \dots\dots\dots (105-3)$$

$$U_{2\infty i} = a_{2i} - \theta_i$$

式中: U_{∞} —— 被测轴正转时角位置控制精度, ($''$);

$U_{2\sigma 0}$ ——被测轴反转时角位置控制精度, (")。

5.2.2 结果评定

角位置控制精度为 $U_{1\sigma 0i}$ 和 $U_{2\sigma 0i}$ 中之最大值。

方 法 106

角位置定位试验

1 试验目的

试验转台在角位置控制状态下,在 360° 范围内,所控制的任意角位置的重复性和定位精度。

2 试验仪器

小角度测量仪:

光电自准直仪(下称光管),分辨力不低于 $0.1''$;

360 齿多齿分度台(下称 360 齿盘)和平面反射镜(下称平面镜);

391 齿多齿分度台(下称 391 齿盘)和平面反射镜(下称平面镜);

23 面棱体,1 级;

24 面棱体,1 级。

3 试验环境条件

环境温度: $20 \pm 2^\circ\text{C}$;

相对湿度: $< 70\%$ 。

隔震要求:被测转台放在隔震基础上,周围无剧烈振动和冲击;

电磁场要求:测试现场周围无强电磁干扰。

4 试验方法

试验前将齿盘和平面镜或多面棱体安装在转台被测轴的旋转中心,将光管安装在被测轴静止部分或良好的隔震基础上,使光管光轴垂直于平面镜或棱体面。启动转台,使其工作于角位置控制状态下,并且工作正常、稳定。

4.1 直接试验法

4.1.1 角位置定位重复性

试验采用 23 面棱体或 391 齿齿盘和平面镜。从被测轴任意角位置 θ_1 开始,使棱体 I 面或平面镜对准光管,记下光管读数 a_{1i} ,依次给定位置指令 $A_i (i=1, \dots, 23)$,使被测轴转过棱体规定角度值,记下光管相应读数 a_{1i} 。再从 θ_1 开始,反向转动被测轴,重复上述试验,记下光管相应读数 a_{2i} 。采用齿盘时,应依次将齿盘逆向转过转轴所转的角度,使平面镜对准光管。

4.1.2 角位置定位精度

4.1.2.1 分项试验法

4.1.2.1.1 分度精度

试验采用 24 面棱体或 360 齿齿盘和平面镜,从被测轴角位置测量系统数字显示 0 位开始,使棱体 I 面或齿盘 0 位对准光管,记下光管读数 a_1 ,依次给定位置指令 $A_i (i=1, \dots, 24)$,使被测轴转过棱体规定的角位置,记下光管读数 a_{1i} 。采用齿盘时应依次将齿盘逆向转过被测轴所转的角度,使平面镜对准光管。

4.1.2.1.2 细分精度

利用小角度测量仪,根据可选择的小角度测量仪的具体使用要求,将其转动部分装于被测

轴上,静止部分装于被测轴的静止部分或良好的隔震基础上。

在被测轴 360°内选择 3 个角位置进行细分试验。角位置测量系统 0°位置和根据分度精度试验得出的最大正误差的角位置 θ_m 与最大负误差角位置 θ_n 。细分角度间隔的选择;当采用 720 极感应同步器为测角元件时,细分角度间隔为 1°,细分点数为 17;当采用其它测角元件时,角度间隔选择为其细分的一个周期,细分点数不少于 9。

0°位置细分精度试验从被测轴角位置测量系统 0°位置开始,记下小角度测量仪的读数 b_{0i} ,依次给定位置指令 $B_i (i=1, \dots, 17)$,使被测轴每次转过 $1^\circ/17$,记下小角度测量仪读数 b_{0i} 。

θ_m 和 θ_n 位置细分精度试验方法同上,小角度测量仪的读数分别记为 b_{1i}, b_{2i} 。

4.1.2.2 综合试验法

试验采用 23 面棱体或 391 齿齿盘和平面镜。从被测轴角位置测量系统数字显示 0 位开始,使棱体 1 面或齿盘 0 位对准光管,记下光管读数 C_1 ,依次给定位置指令 $C_i (i=1, \dots, 23)$,使被测轴转过棱体规定的角位置,记下光管读数 C_i 。采用齿盘时应依次将齿盘逆向转过被测轴所转的角度,使平面镜对准光管。

4.2 间接试验法

4.2.1 角位置定位重复性

4.2.1.1 角位置测量重复性

按方法 104 中 4.1 条和 5.1 条得出角位置测量重复性 ϵ_m 。

4.2.1.2 角位置控制重复性

按方法 105 中 4.1 条和 5.1 条得出角位置控制重复性 ϵ_{mc} 。

4.2.2 角位置定位精度

4.2.2.1 角位置测量精度

按方法 104 中 4.2 条和 5.2 条得出角位置测量精度 $+U_m, -U_m$ 。

4.2.2.2 角位置控制精度

按方法 105 中 4.2 条和 5.2 条得出角位置控制精度 U_{mc} 。

5 数据处理和结果评定

5.1 直接试验法

5.1.1 角位置定位重复性

按方法 104 中的 5.1 条进行。

5.1.2 角位置定位精度

5.1.2.1 分项试验法

按方法 104 中 5.2.1 进行。

5.1.2.2 综合试验法

按方法 104 中 5.2.2 进行。

5.2 间接试验法

5.2.1 角位置定位重复性

$$\epsilon_p = \pm \sqrt{\epsilon_m^2 + \epsilon_{mc}^2} \dots\dots\dots (106-1)$$

5.2.2 角位置定位精度

$$\begin{aligned} +U_{ap} &= \sqrt{(+U_a)^2 + U_{\alpha}^2} \dots\dots\dots (106-2) \\ -U_{ap} &= -\sqrt{(-U_a)^2 + U_{\alpha}^2} \end{aligned}$$

角位置定位精度为 $+U_{ap}$ 、 $-U_{ap}$ 。

方 法 107

角 速 率 试 验

1 试验目的

检测被测轴在速率工作状态下的速率精度、平稳性和分辨力。

2 试验仪器

10MHz 数字频率计

3 试验环境条件

环境温度: $20 \pm 5^\circ\text{C}$;

相对湿度: $\leq 70\%$;

隔震要求: 被测转台放在隔震地基上, 周围无剧烈振动和冲击;

电磁场要求: 测试现场周围无强电磁干扰。

4 试验方法

4.1 试验方案和主要参数确定

转台的角速率由转台角位置增量与时间的比计算, 即 $\omega = \frac{\Delta\theta}{T}$ 。

式中: $\Delta\theta$ —— 定角间隔;

T —— 转台转过定角间隔所用的时间。

a. 定角测时法

定角的角度信号由转台角位置测量系统给出, 定角间隔根据速率高低分档, 规定如下:

速率 ω	定角间隔 $\Delta\theta$
$\omega < 1^\circ/\text{s}$	1°
$1^\circ/\text{s} \leq \omega < 10^\circ/\text{s}$	10°
$\omega \geq 10^\circ/\text{s}$	360°

测时用数字频率计, 也可以用符合测试要求的转台基准时基;

b. 定时测角法

用转台自身具有实时测量能力的角位置测量系统, 测量在规定的采样时间间隔的角度值。

采样时间间隔根据速率高低分档, 参照定角测时角度间隔选择确定。

4.2 速率精度试验

4.2.1 定角测时法

转台工作于速率工作状态, 使其按给定的速率指令稳定运转, 根据 ω 选择定角间隔 $\Delta\theta$, 将转台定角信号接入数字频率计, 待转台以规定的角速率稳定运行后, 用数字频率计连续测量 10 次, 得到 $T_1, \dots, T_{10}$ 。当 $\omega \leq 0.005^\circ/\text{s}$ 时, 连续测量三次, 得出 T_1, T_2, T_3 。

4.2.2 定时测角法

转台工作于速率工作状态, 使其按给定的速率指令稳定运转, 根据 ω 选择定时间隔, 待转台以规定的角速率稳定运行后, 按定时间隔信号读取被测轴角位置测量系统数字显示值, 连续测量 10 次, 得到 $\theta_1, \dots, \theta_{10}$ 。当 $\omega \leq 0.005^\circ/\text{s}$ 时, 连续测量三次, 得出 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 。

4.3 速率平稳性试验

4.3.1 定角测时法

同 4.2.1。

4.3.2 定时测角法

同 4.2.2。

4.4 速率分辨力试验

4.4.1 低速率分辨力试验

转台工作于速率工作状态,给定 10 倍的最低速率指令,使转台稳定运行,用 4.2 方法试验,得出 T_i 或 θ_i 。

改变转台的给定速率,在原速率指令下增加速率分辨力 R_w 的速率指令值,即转台应工作在 $\omega + R_w$ 速率指令下,用 4.2 方法试验,得出 T_i 或 θ_i 。

4.4.2 各档速率分辨力试验

转台工作于速率工作状态,给定欲测试速率档的速率指令,使转台稳定运行,用 4.2 方法试验,得出其平均速率 ω_1 ,按其工作的速率,选定定角测时法的 $\Delta\theta$ 、 N 和定时测角法的 T 。得出 $T_1, \dots, T_{10}$ 或 $\theta_1, \dots, \theta_{10}$ 。

改变转台的给定速率,在 ω_1 速率指令下增加该档的速率分辨力 R_w 的速率指令值,即转台工作在 $\omega_1 + R_w$ 速率指令下,用 4.2 方法试验,得出 $T'_1, \dots, T'_{10}$ 或 $\theta'_1, \dots, \theta'_{10}$ 。

5 数据处理及结果评定

5.1 速率精度

5.1.1 定角测时法

$$U_w = \frac{1}{T_s} |\bar{T} - T_s| \dots\dots\dots (107-1)$$

式中: T_s —— 给定速率下被测轴转过定角间隔所用时间的名义值;

$\bar{T}$ —— 给定速率下被测轴转过定角间隔实测时间的平均值。

5.1.2 定时测角法

$$U_w = \frac{1}{\theta_s} |\bar{\theta} - \theta_s| \dots\dots\dots (107-2)$$

式中: θ_s —— 给定速率下被测轴在规定的采样时间间隔内的角度增量名义值;

$\bar{\theta}$ —— 给定速率下被测轴在规定的采样时间间隔内角度增量实测值的平均值。

5.2 速率平稳性

5.2.1 定角测时法

$$\sigma_w = \frac{1}{\bar{T}} \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2} \dots\dots\dots (107-3)$$

式中: N —— 按给定速率选定的测量次数。

5.2.2 定时测角法

$$\sigma_w = \frac{1}{\bar{\theta}} \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\theta_i - \bar{\theta})^2} \dots\dots\dots (107-4)$$

5.3 速率分辨力

$$\begin{aligned}
 R_s &= |\omega' - \omega| \\
 \omega' &= \frac{\Delta\theta}{\bar{T}} \text{ 或 } \omega' = \frac{\bar{\theta}}{\bar{T}} \\
 \omega &= \frac{\Delta\theta}{\bar{T}} \text{ 或 } \omega = \frac{\bar{\theta}}{\bar{T}}
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots (107-5)$$

式中： ω ——给定速率下，被测轴的平均速率；

ω' ——给定速率增加最小速率指令增量后被测轴的平均速率；

$\bar{\theta}$ ——给定速率增加最小速率指令增量后，被测轴在规定采样时间间隔内的角度增量实测值的平均值；

$\bar{T}$ ——给定速率增加最小速率指令增量后，被测轴转过定角间隔实测时间的平均值。

当 R_s 大于理论规定速率增量的 50% 时，即为该速率档的速率分辨力。

方 法 108

滑环绝缘电阻及接触电阻试验

1 试验目的

测量导电滑环组件各电路中导电环与电刷,导电环与机壳间绝缘电阻,导电环与电刷间接触电阻。

2 试验仪器及设备

接触电阻测量仪;

恒流源;

数字电压表;

光线示波器或其它有记忆功能的示波器;

测试转台;

信号源;

500V 兆欧表。

3 试验环境条件

温度环境: $20 \pm 5^\circ\text{C}$;

相对湿度: $\leq 60\%$;

测试时应接地良好,周围无强磁场。

4 试验方法

4.1 滑环绝缘电阻测量

用 500V 兆欧表测量各导电环间,导电环与机壳间电阻值。

4.2 滑环接触电阻测量

4.2.1 滑环静态接触电阻值

将环路两端(环与刷)分别接到接触电阻测量仪上,按 45° 间隔正反转转动滑环各一周,依次测量环路的接触电阻值 $R_i (i=1, \dots, 16)$ 。取最大值 R_m 减去引出导线的电阻值 R_0 。即为该环路的静态接触电阻值。

$$R_c = R_m - R_0$$

式中: R_c —— 静态接触电阻, Ω ;

R_m —— 环路电阻最大值, Ω ;

R_0 —— 引出导线电阻值, Ω 。

4.2.2 滑环接触电阻变化量

a. 方法 1

将滑环组件安装在转台上,以 10r/min 的转速均匀转动滑环(或电刷),运转 5min 后,在每环路上通以稳定的直流电源 10mA ,用光线示波器记录电压变化曲线,正反转各一次,计算滑环接触电阻变化量

$$\Delta R_c = \frac{u_p}{I}$$

式中: ΔR_c —— 触电阻变化量, $m\Omega$;

u_p —— 电压峰峰值, μV ;

I —— 环路电流, mA ;

b. 方法 2

其它条件同方法 1, 用接触电阻测量仪测量各环路的接触电阻变化量。

附 录 A
各采样点倾角回转误差数据处理
(补 充 件)

A1 数据处理

将测量值 W_{xi} 、 W_{yi} 分别扣除光管零位误差和平面镜与旋转轴线安装不垂直形成的零次和一次谐波分量, 可得到倾角回转误差的两个直角坐标分量 ΔW_{xi} 和 ΔW_{yi} ; 分别以 $\{\Delta W_{xi}\}_{\min}$ 和 $\{\Delta W_{yi}\}_{\min}$ 为零值对 ΔW_{xi} 和 ΔW_{yi} 进行坐标变换得到 $\Delta W'_{xi}$ 和 $\Delta W'_{yi}$, 合成 $\Delta W'_{xi}$ 和 $\Delta W'_{yi}$ 得到 W'_i , 对 W'_i 再进行坐标变换得到倾角回转误差 W_i 。

具体步骤如下:

a. 测量值扣除零次和一次富氏分量

$$\begin{aligned}\Delta W_{xi} &= W_{xi} - a_{x0} - a_{x1}\cos(\theta) - b_{x1}\sin(\theta) \dots\dots\dots (A1) \\ \Delta W_{yi} &= W_{yi} - a_{y0} - a_{y1}\cos(\theta) - b_{y1}\sin(\theta)\end{aligned}$$

式中: a_{x0} 、 a_{y0} —— 测量值 W_{xi} 、 W_{yi} 的零次谐波系数;

a_{x1} 、 b_{x1} 、 a_{y1} 、 b_{y1} —— 测量值 W_{xi} 、 W_{yi} 的一次谐波系数;

θ —— 转轴角位置。

b. 坐标变换

$$\begin{aligned}\Delta W'_{xi} &= \Delta W_{xi} - \{\Delta W_{xi}\}_{\min} \dots\dots\dots (A2) \\ \Delta W'_{yi} &= \Delta W_{yi} - \{\Delta W_{yi}\}_{\min}\end{aligned}$$

式中: $\{\Delta W_{xi}\}_{\min}$ 、 $\{\Delta W_{yi}\}_{\min}$ —— 倾角回转误差两个直角坐标分量的最小值。

c. 分量合成

$$W'_i = \sqrt{\Delta W'^2_{xi} + \Delta W'^2_{yi}} \dots\dots\dots (A3)$$

d. 求均值

$$\bar{W}'_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W'_i \dots\dots\dots (A4)$$

e. 求残差

$$\Delta W_i = W'_i - \bar{W}'_i \dots\dots\dots (A5)$$

A2 结果评定

各采样点倾角回转误差取为:

$$+ \{\Delta W_i\}_{\max} \text{ 和 } - \{\Delta W_i\}_{\max} \dots\dots\dots (A6)$$

附录 B

排列互比法

(补充件)

采用 23 面棱体或 391 齿齿盘按均布的 23 个位置作为陪测工具。

检验时,将 23 面棱体或 391 齿齿盘和平面镜安装在转台被测轴的回转轴上,光管安装于转台被测轴静止部分或良好的隔震基础上。光管轴与棱体工作面或平面镜的最大垂直偏差在垂直度允差之内。

以 23 面棱体为例:整个检验分 23 个系列进行测量。

第 1 系列,转台以 0° 为起始位置,光管对准棱体 0° 工作面,读取光管读数 $a_{1.1}$,然后以转台测角系统数显为准,按角度递增方向依次转动一个待测角度间隔 $\theta(=360^\circ/23)$ 读取光管相应读数 $a_{1.2}, a_{1.3}, \dots, a_{1.23}$,最后仍回到棱体 0° 工作面,读取回零读数 $a'_{1.1}$ 。每个测量系列回零误差不大于 $0.2''$ 。各系列均取原始空位读数和回零读数的平均值作为零位读数。

第 2 系列,转台以 1θ 的角度为起始位置,即将棱体反向转 1θ 角,使光管对准棱体 0° 工作面。用与第 1 系列相同方法测量。转台以 1θ 角度起始位置,每间隔 1θ 角测量一次,分别测得 $a_{2.1}, a_{2.2}, \dots, a_{2.23}$,最后仍回到多面棱体 0° 工作面读取 $a'_{2.1}$ 。

其它各系列均按上述方法依次以转台 $2\theta, 3\theta, \dots, 22\theta$ 为起始位置进行测量,按(B1)式分别求出各系列的零起分度误差。

$$A_{j,i} = a_{j,i} - a_{j,1} \dots\dots\dots (B1)$$

$$i=1,2,\dots,23$$

$$j=1,2,\dots,23$$

将全部 $A_{j,i}$ 值填于表 B。

按式(B2)计算表 B 中的竖列和 S_i :

$$S_i = \sum_{j=1}^{23} A_{j,i} \dots\dots\dots (B2)$$

多面棱体的修正值为:

$$\Delta a_i = - \frac{S_i - S_1}{23} \dots\dots\dots (B3)$$

按式(B4)计算表 B 中的横列和 X_j :

$$X_j = \sum_{i=1}^{23} A_{j,i} \dots\dots\dots (B4)$$

按式(B5)计算表 B 中的斜列和 Y_i :

$$Y_i = \sum_{j=1}^{23} A_{j, (i-j+23n+1)} \dots\dots\dots (B5)$$

式中:当 $i \geq j$ 时, $n=0$

$i < j$ 时, $n=1$

按式(B6)计算表 B 中的 R_j 值

$$R_j = Y_j - X_j \dots\dots\dots (B6)$$

转台测角误差为:

$$E_{\alpha_j} = \frac{R_j - R_1}{46} \dots\dots\dots (B7)$$

测量精度按下式计算:

$$\delta = \pm 3 \sqrt{\frac{[VV]}{p(m-t)}} \dots\dots\dots (B8)$$

式中: p —— 测量系列数;

m —— 测量值的个数;

t —— 未知数的个数;

V —— 残差。

$[VV]$ 可按下式计算:

$$[VV] = \sum_{j=1}^{23} \sum_{i=1}^{23} A_{j,1}^2 + \sum_{j=2}^{23} R_j \Delta \beta_j + \sum_{i=2}^{23} S_i \Delta \alpha_i \dots\dots\dots (B9)$$

排列互比法测量数据表见表 B。

表 B 排列互比法测量数据表 (°)

多面棱体位置 i															回	棱列和
	1	2	3	4	5	.....	20	21	22	23	*	X				
1 0°	A _{1,1}	A _{1,2}	A _{1,3}	A _{1,4}	A _{1,5}	.....	A _{1,20}	A _{1,21}	A _{1,22}	A _{1,23}	A' ₁	X ₁				
2 15.6522°	A _{2,1}	A _{2,2}	A _{2,3}	A _{2,4}	A _{2,5}	.....	A _{2,20}	A _{2,21}	A _{2,22}	A _{2,23}	A' ₂	X ₂				
3 31.3043°	A _{3,1}	A _{3,2}	A _{3,3}	A _{3,4}	A _{3,5}	.....	A _{3,20}	A _{3,21}	A _{3,22}	A _{3,23}	A' ₃	X ₃				
4 46.9565°	A _{4,1}	A _{4,2}	A _{4,3}	A _{4,4}	A _{4,5}	.....	A _{4,20}	A _{4,21}	A _{4,22}	A _{4,23}	A' ₄	X ₄				
5 62.6087°	A _{5,1}	A _{5,2}	A _{5,3}	A _{5,4}	A _{5,5}	.....	A _{5,20}	A _{5,21}	A _{5,22}	A _{5,23}	A' ₅	X ₅				
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮				
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮				
20 297.3913°	A _{20,1}	A _{20,2}	A _{20,3}	A _{20,4}	A _{20,5}	.....	A _{20,20}	A _{20,21}	A _{20,22}	A _{20,23}	A' ₂₀	X ₂₀				
21 313.0435°	A _{21,1}	A _{21,2}	A _{21,3}	A _{21,4}	A _{21,5}	.....	A _{21,20}	A _{21,21}	A _{21,22}	A _{21,23}	A' ₂₁	X ₂₁				
22 328.6957°	A _{22,1}	A _{22,2}	A _{22,3}	A _{22,4}	A _{22,5}	.....	A _{22,20}	A _{22,21}	A _{22,22}	A _{22,23}	A' ₂₂	X ₂₂				
23 344.3478°	A _{23,1}	A _{23,2}	A _{23,3}	A _{23,4}	A _{23,5}	.....	A _{23,20}	A _{23,21}	A _{23,22}	A _{23,23}	A' ₂₃	X ₂₃				
竖列和 S _i	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	.....	S ₂₀	S ₂₁	S ₂₂	S ₂₃						
多面棱体修正值 Δa _i	Δa ₁	Δa ₂	Δa ₃	Δa ₄	Δa ₅	.....	Δa ₂₀	Δa ₂₁	Δa ₂₂	Δa ₂₃						
Δa ₀	0															
斜列和 Y	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	.....	Y ₂₀	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃						
R _i = Y - X _i	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	.....	R ₂₀	R ₂₁	R ₂₂	R ₂₃						
转轴分度误差 Δβ _i	Δβ ₁	Δβ ₂	Δβ ₃	Δβ ₄	Δβ ₅	.....	Δβ ₂₀	Δβ ₂₁	Δβ ₂₂	Δβ ₂₃						
Δβ ₀	0															

附加说明：

本标准由航空航天工业部提出。

本标准由航空航天部三〇一所归口。

本标准由航空航天部三〇三所负责起草。

本标准主要起草人：沈宗廉、张丽珠、虞家云、黄庆根、魏东、华庆芬、冯幼田。

计划项目代号：1HK01