



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1000—2005

电动水平振动试验台

Electrodynamic Horizontal Vibration Generator for Testing

2005 - 09 - 05 发布

2005 - 12 - 05 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

电动水平振动试验台 检定规程

JJG 1000—2005

Verification Regulation for Electrodynamic

Horizontal Vibration Generator for Testing

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2005 年 9 月 5 日批准，并自 2005 年 12 月 5 日起施行。

归口单位：全国振动、冲击和转速计量技术委员会

主要起草单位：陕西省计量测试研究所

参加起草单位：兵器工业部第 202 研究所

北京市计量科学研究所

本规程委托全国振动冲击转速计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

杨建辉 （陕西省计量测试研究所）

顾国富 （兵器工业第 202 研究所）

李学瑞 （北京市计量科学研究所）

参加起草人：

王 啸 （陕西省计量测试研究所）

第五兴乐 （陕西省计量测试研究所）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
3.1 电动水平振动试验台	(1)
3.2 最大倾覆力矩	(1)
3.3 最大偏转力矩	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 工作台面倾斜误差	(2)
5.2 振动频率	(2)
5.3 振动加速度(或位移)示值误差	(2)
5.4 振动加速度稳定度	(2)
5.5 振动加速度波形失真度	(2)
5.6 水平振动台背景噪声加速度	(2)
5.7 水平振动台频响特性	(2)
5.8 台面加速度幅值均匀度	(2)
5.9 台面横向振动比	(2)
5.10 扫频速率和扫频定振精度	(3)
5.11 其他技术指标	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观及附件	(3)
6.2 水平振动台工作环境	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目	(4)
7.3 检定方法	(4)
7.4 检定结果的处理	(8)
7.5 检定周期	(8)
附录 A 水平滑台最大倾覆力矩和最大偏转力矩的检测方法	(9)
附录 B 检定证书内页格式	(10)
附录 C 检定结果通知书内页格式	(11)

电动水平振动试验台检定规程

1 范围

本规程适用于额定正弦推力为 100kN 以下具有滑台的电动水平振动试验台（以下简称水平振动台）的首次检定和后续检定。

2 引用文献

JJG 948—1999 数字式电动振动试验系统

JJG 190—1997 电动式振动试验台

GB/T 11353—1989 振动发生器辅助台设备特性的描述方法

JB/T 6869—1993 水平振动台（正弦）技术条件

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语

3.1 电动水平振动试验台 electrodynamic horizontal vibration generator for test

用于振动试验的具有水平滑台的电动振动发生器。

3.2 最大倾覆力矩 Max. pitch moment

在水平振动台正常工作的条件下，施加的动态力在垂直于台面的纵向平面内所产生的前后倾覆极限力矩。

3.3 最大偏转力矩 Max. yaw moment

在水平振动台正常工作的条件下，施加的动态力在滑台水平面内所产生的偏转极限力矩。

4 概述

水平振动台是用来对试件产生水平方向振动的装置。它和振动控制仪、功率放大器、加速度计、适调放大器及辅助设备组成水平振动试验系统（图 1）。电动水平振动台适于体积较大、质量较重的载荷进行振动试验，从结构上可分为液压导向和机械导向二类。

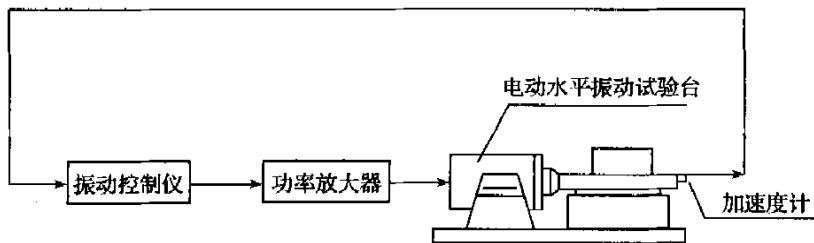


图 1 电动水平振动试验系统

5 计量性能要求

5.1 工作台面倾斜误差

水平滑台与其连接的电动振动发生器应在同一水平轴线，并牢固地安装在专用稳固的基础上，安装后台面的倾斜误差应不大于 $0.1/1000$ 。

5.2 振动频率

5.2.1 振动频率示值误差

在规定的工作频率范围内，水平振动台振动频率应连续可调，其示值误差为：

$5\text{Hz} \leq f \leq 50\text{Hz}$ ，不超过 $\pm 1\text{Hz}$ ；

$f > 50\text{Hz}$ ，不超过 $\pm 2\% f$ 。

5.2.2 振动频率稳定度

水平振动台在额定频率、额定加速度（或位移）范围内某一固定频率点以定加速度（或位移）连续工作 1h，频率变化应不超过 $(1\% f \pm 1)$ Hz。

5.3 振动加速度（或位移）示值误差

水平振动台的振动加速度（或位移）的示值误差不超过 $\pm 10\%$ 。

5.4 振动加速度稳定度

水平振动台在工作频率、额定加速度范围内某一固定频率点以定加速度连续工作 1h，加速度幅值变化不大于 10% 。

5.5 振动加速度波形失真度

水平振动台空载时，振动频率在 $5\text{Hz} \leq f \leq 20\text{Hz}$ ，加速度波形失真度不大于 25% ；在 $20\text{Hz} < f \leq$ 工作频率上限值，加速度波形失真度不大于 10% 。

在 20Hz 以上允许有 1~2 个失真度超差的频带，在该频带内最大失真度不大于 25% ，且频带宽度不超过最大失真度对应频率的 $\pm 10\%$ 。

5.6 水平振动台背景噪声加速度

加速度为 $0.1g$ 。

5.7 水平振动台频响特性

水平振动台空载时频响特性应符合生产制造厂出厂指标，共振频率偏差应不大于 $\pm 5\%$ 。

5.8 台面加速度幅值均匀度

水平振动台空载工作时，台面加速度幅值均匀度应满足表 1 的要求。

在 2000Hz 以内允许有 1~2 个不均匀度超差的频带。在该频带内最大加速度幅值的不均匀度应不大于表 1 规定的最大不均匀度的 2 倍，频带宽度不超过最大不均匀度对应频率的 $\pm 10\%$ 。

5.9 台面横向振动比

水平振动台空载工作时，台面横向振动比应满足表 2 的要求。

在 2000Hz 以内允许有 1~2 个横向振动比较大的频带。在该频带内最大横向振动比应不大于表 2 规定的横向振动比的 2 倍，频带宽度不超过最大横向振动比对应频率的 $\pm 10\%$ 。

表 1 台面加速度幅值均匀度

台面尺寸 ($L \times b$) (mm)	$(L \times b) \leq 500 \times 500$	频率范围 (Hz)	$5 \leq f \leq 500$	$500 < f \leq 0.7f_0$	$0.7f_0 < f \leq f_h$
		不均匀度 (%)	15	20	N_{ch}
	$500 \times 500 < (L \times b) \leq 800 \times 800$	频率范围 (Hz)	$5 \leq f \leq 500$	$500 < f \leq 0.7f_0$	$0.7f_0 < f \leq f_h$
		不均匀度 (%)	20	30	N_{ch}
	$(L \times b) > 800 \times 800$	频率范围 (Hz)	$5 \leq f \leq 500$	$500 < f \leq 0.7f_0$	$0.7f_0 < f \leq f_h$
		不均匀度 (%)	25	50	N_{ch}

注： f_0 为水平振动台一阶共振频率； f_h 为水平振动台上限工作频率； N_{ch} 为生产制造厂规定均匀度指标。

表 2 台面横向振动比

台面尺寸 ($L \times b$) (mm)	$L \times b \leq 500 \times 500$	频率范围 (Hz)	$5 \leq f \leq 20$	$20 < f \leq 500$	$500 < f < f_0$	$f_0 \leq f \leq f_h$
		横向振动比 (%)	25	15	25	T_{ch}
	$500 \times 500 < L \times b \leq 800 \times 800$	频率范围 (Hz)	$5 \leq f \leq 20$	$20 < f \leq 500$	$500 < f < f_0$	$f_0 \leq f \leq f_h$
		横向振动比 (%)	25	20	30	T_{ch}
	$L \times b > 800 \times 800$	频率范围 (Hz)	$5 \leq f \leq 20$	$20 < f \leq 500$	$500 < f < f_0$	$f_0 \leq f \leq f_h$
		横向振动比 (%)	25	20	30	T_{ch}

注： f_0 为水平振动台一阶共振频率； f_h 为水平振动台上限工作频率； T_{ch} 为生产制造厂规定横向振动比指标。

5.10 扫频速率和扫频定振精度


水平振动台空载进行定振扫频时，扫频速率应可调。当扫频速率为对数形式并为 1 oct/min 时，扫频速率误差不超过 $\pm 10\%$ ，加速度（或位移）扫频定振精度优于 ± 1 dB。

5.11 其他技术指标

水平振动台的最大倾覆力矩、最大偏转力矩、工作频率范围、额定正弦推力、活动系统的有效质量、空载和满载时的最大振动幅值、额定工作特性曲线、连续工作时间等技术指标均应满足生产制造厂的规定。

6 通用技术要求

6.1 外观及附件

6.1.1 水平振动台应有铭牌，标明型号、规格、制造厂、出厂编号和日期等，其水平滑台与附件亦应有编号，并应标有  标志。

6.1.2 水平振动台出厂时必须附有产品合格证、使用说明书及有关配套的技术资料等。

6.1.3 水平振动台控制、测量显示部分应配套齐全，各接插件应连接可靠；各开关、

旋钮、按键应功能正常、操作灵活可靠，并应有明显的文字或符号说明；显示部分，字符应清晰完整；配有打印装置时，打印结果清晰，打印、显示结果应一致。

6.2 水平振动台工作环境

6.2.1 温度：(10~40)℃，湿度： $\leq 85\%$ RH。

6.2.2 电压变化范围：额定电压的 10%。

6.2.3 水平振动台工作环境周围应无腐蚀性气、液体；无强电磁环境。

6.2.4 水平振动台工作时，如果发出的噪声声压级大于 90dB (A 计权)，用户应采取隔声、消声措施。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定和后续检定。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

同 6.2 水平振动台工作环境。

7.1.2 检定用仪器设备

水平振动台的检定用仪器设备见表 3。

7.2 检定项目

检定项目见表 3。

7.3 检定方法

7.3.1 水平振动台外观和工作环境的检查

按本规程 5.1、6.1、6.2 的要求，对水平振动台外观和工作环境条件进行检查，检查结果应符合第 5.1 条、第 6.1 条和第 6.2 条的规定。

7.3.2 振动频率的检定

7.3.2.1 振动频率示值的检定

将加速度计刚性安装在水平滑台台面轴线远端，灵敏轴应与台面运动方向一致，加速度计输出经放大器接数字频率计（或动态信号分析仪）。在水平滑台工作频率范围内，均匀选取不少于 10 个频率点（包括工作频率上、下限值）进行测量，分别记录水平振动台振动频率示值和数字频率计（或动态信号分析仪）的测量值，两者间差值均应符合本规程第 5.2.1 条的规定。

7.3.2.2 振动频率稳定度的检定

按本规程 7.3.2.1 的测量方法安装加速度计和连接数字频率计（或动态信号分析仪），仪器预热 30 min 后，将水平振动台开启调至某一常用频率，同时使水平振动台在该频率点以最大加速度幅值的 80% 工作，连续考察 1h，每隔 10 min 记录一次振动台的频率示值，频率变化（频率最大值与频率最小值之差）应符合本规程第 5.2.2 条的规定。

对在垂直方向检定合格的电动振动台可不再进行 7.3.2.1 和 7.3.2.2 的检定。

表3 检定用仪器设备和检定项目一览表

序号	检定项目	检定仪器设备		检定项目选择	
		名称	技术要求	首次 检定	后续 检定
1	工作环境条件检查	干湿温度计	分辨力 $\leq 1^{\circ}\text{C}$	+	+
		交流电压表	测量误差优于 $\pm 2\%$	+	+
		声级计	Ⅱ型(A计权)	+	+
2	台面倾斜误差	框式水平仪	分度值: 0.02mm/m	+	-
3	频率示值 频率稳定度	数字频率计或动态信号分析仪	准确度优于 0.5%	+	+
4	加速度(或位移) 幅值示值	测振仪(包括加速度计, 具有积分及滤波网络的放大器、显示器或动态信号分析仪)	整套仪器对加速度幅值测量不确定度 $\leq 3\%$, 位移幅值的测量不确定度 $\leq 5\%$; 波形失真度 $\leq 1\%$	+	+
5	加速度(或位移) 幅值稳定度	同检定项目4	同检定项目4	+	-
6	加速度波形失真度	动态信号分析仪(或失真度测量仪)	幅值测量误差优于 $\pm 0.1\%$ (准确度优于 10%)	+	+
		同检定项目4	同检定项目4		
7	背景噪声加速度	同检定项目4	同检定项目4	+	-
		真有效值数字电压表	测量误差优于 $\pm 0.1\%$		
8	水平滑台频响特性	同检定项目6	同检定项目6	+	-
9	台面加速度幅值均匀度	同检定项目4	同检定项目4	+	+
		多只加速度计			
10	台面横向振动比	同检定项目4	同检定项目4	+	+
		三轴向加速度计			
11	扫频速率和定振精度	同检定项目6	同检定项目6	+	-
		秒表	分辨力优于 0.1s		

注: 凡应检定的项目用“+”表示, 不需检定的项目用“-”表示。

7.3.3 振动加速度(或位移)示值误差的检定

将加速度计刚性地安装于水平滑台台面轴线远端，灵敏轴应与台面运动方向一致，加速度计输出接测振仪（具积分网络）。在规定的工作频率范围内选取高、中、低 3 个频率点，并分别在所选各频率点规定的加速度（或位移）范围内，均匀地选取不少于 5 个加速度值（或位移值）进行测量，则水平振动台加速度（或位移）测量示值和测振仪标准值之间的示值误差应符合本规程第 5.3 条的规定。其示值误差 δ_a （或 δ_A ）按下式计算：

$$\delta_a = \frac{a_c - a_B}{a_B} \times 100\% \quad (1)$$

或

$$\delta_A = \frac{A_c - A_B}{A_B} \times 100\% \quad (2)$$

式中： a_c ——水平振动台加速度示值， m/s^2 ；

a_B ——测振仪加速度示值， m/s^2 ；

A_c ——水平振动台位移示值， mm ；

A_B ——测振仪位移示值， mm 。

7.3.4 振动加速度（或位移）稳定度的检定

按本规程 7.3.3 的方法设置水平振动台工作状态。连续考察 1h，每隔 10min 对测振仪加速度幅值的示值进行一次测量，加速度幅值示值稳定度按下式计算：

$$S_a = \frac{|\Delta a_s|_{\max}}{a_{sn}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： S_a ——加速度幅值的示值稳定度；

$|\Delta a_s|_{\max}$ ——各次测量中，加速度幅值的示值相对于设定值的最大偏差（绝对值）， m/s^2 ；

a_{sn} ——加速度幅值的设定值， m/s^2 。

其结果应符合本规程第 5.4 条的规定。

7.3.5 振动加速度波形失真度的检定

7.3.5.1 将加速度计刚性地安装于水平滑台台面轴线远端，灵敏轴应与台面运动方向一致，加速度计输出经放大器接动态信号分析仪。在规定的工作频率范围内，均匀选取不少于 10 个频率点（包括工作频率上、下限值），测量该频率点水平振动台空载最大加速度的基波幅值及 5 倍以上谐波幅值，按下式计算加速度波形失真度：

$$r = \frac{\sqrt{a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2 + \dots}}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2 + \dots}} \times 100\% \quad (4)$$

式中： r ——水平振动台加速度波形失真度；

a_1 ——水平振动台加速度基波幅值， m/s^2 ；

a_2 、 a_3 、 a_4 、 a_5 ——为水平振动台加速度 a_1 的二次、三次、四次、五次等谐波幅值， m/s^2 。

7.3.5.2 将加速度计刚性地安装于水平滑台台面轴线远端，灵敏轴应与台面运动方向一致，加速度计输出经测振仪接失真度测量仪，测振仪（测量选择）置于加速度挡，低

滤波器的频率应置于所测频率 5 倍以上，在规定的工作频率范围内，均匀选取不少于 10 个频率点（包括工作频率上、下限值），并测量在该频率下最大振动幅值的加速度波形失真度。

7.3.5.1 和 7.3.5.2 测量结果均应符合本规程第 5.5 条的规定。

7.3.6 水平振动台背景噪声加速度的检定

按本规程第 7.3.3 条的方法安装加速度计和连接测振仪。选择水平振动台输出额定最大加速度的频率点，并使其处于工作状态，将其控制仪输出幅值置零，功率放大器的增益调至最大，测量台面轴线远端的加速度值，其结果应符合本规程第 5.6 条规定。

7.3.7 水平振动台频响特性的检定

7.3.7.1 按本规程 7.3.3 的方法安装加速度计和连接测振仪、记录仪。在测量范围内采用正弦振动激励使空载的水平振动台受到一个恒定的加速度，按 1 oct/min 速率自动扫频，用记录仪记录台面幅频特性曲线，确定其一阶共振频率 f_0 。

7.3.7.2 按本规程 7.3.5.1 的方法安装加速度计和连接动态信号分析仪。由水平振动台控制仪给功率放大器输入白噪声信号使台面运动。采用动态信号分析仪测量水平滑台的加速度功率谱密度。加速度功率谱密度曲线采用对数坐标，通过测量确定其一阶共振频率 f_0 并绘出幅值频率响应曲线。

7.3.7.1 和 7.3.7.2 测量结果均应符合本规程第 5.7 条的规定。

7.3.8 台面加速度幅值均匀度的检定

将 5 只加速度计分别刚性地安装于水平滑台台面中心和台面边缘四角上，加速度计的输出经放大器接测振仪（或动态信号分析仪）。在规定的工作频率范围内，均匀选取 10 个频率点（包括上、下限频率点），并在该频率下以水平振动台所允许的最大加速度振幅的 50% 进行振动，在同次测量中，同时从测振仪（或动态信号分析仪）测得台面各位置的加速度幅值。加速度幅值均匀度可按下式计算：

$$N = \frac{|\Delta a_j|_{\max}}{a_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中：N——水平振动台加速度幅值均匀度；

$|\Delta a_j|_{\max}$ ——同次测量中，台面四角各点加速度值与中心点加速度值的最大偏差（绝对值）， m/s^2 ；

a_0 ——同次测量中，台面中心点的加速度值， m/s^2 。

在水平振动台工作频率范围内，测出台面最大加速度均匀度和对应的频带宽度，其结果应符合本规程第 5.8 条的规定。

7.3.9 台面横向振动比的检定

将三轴向加速度计刚性地安装于水平滑台台面中心，使三向加速度计的 Z 轴与水平滑台推力中心线重合，加速度计的三通道输出经放大器接测振仪（或动态信号分析仪）。在规定的工作频率范围内，均匀选取 10 个频率点（包括上、下限频率点），在所选频率点以水平振动台所允许的最大加速度振幅的 50% 进行振动，从测振仪（或动态信号分析仪）上同时测量 3 个方向的加速度幅值，台面横向振动比可按下式计算：

$$T = \frac{\sqrt{a_x^2 + a_y^2}}{a_z} \times 100\% \quad (6)$$

式中： T ——水平振动台台面横向振动比；

a_z ——沿水平滑台推力中心线主振方向的加速度幅值， m/s^2 ；

a_x 、 a_y ——垂直于主振方向的两个互相垂直向的加速度幅值分量， m/s^2 。

在水平振动台工作频率范围内，测出台面最大横向振动比和对应的频带宽度，其结果应符合本规程第 5.9 条的规定。

7.3.10 扫频速率和扫频定振精度的检定

将加速度计刚性地安装于水平滑台台面轴线远端，加速度计经放大器接动态信号分析仪。在工作频率范围内，水平振动台在交越频率以下作定位移幅值、在交越频率以上作定加速度扫频振动。扫频振动幅值为水平振动台额定工作特性曲线的 50% 以上，扫频速率为 1 oct/min。

用秒表测量水平滑台扫过 n ($n \geq 3$) 个倍频程时间 t ，并按下式计算扫频速率和扫频速率误差：

$$\gamma_B = \frac{n}{t} \quad (7)$$

$$\delta_\gamma = \frac{\gamma_S - \gamma_B}{\gamma_S} \times 100\%$$

式中： δ_γ ——水平振动台扫频速率误差；

γ_B ——实测水平振动台扫频时间，s；

γ_S ——水平振动台设定的扫频时间，s。

在水平振动台进行定振扫频时，用动态信号分析仪记录其幅频特性曲线。上述测量结果均应符合本规程第 5.10 条的规定。

7.3.11 在水平振动台空载或满载情况下，测量其水平滑台最大倾覆力矩和最大偏转力矩、工作频率范围、额定推力、最大载荷、连续工作时间、台面摩擦系数等技术指标，其结果应符合生产制造厂的规定。水平滑台最大倾覆力矩和最大偏转力矩的检测，可参考附录 A 进行。

7.4 检定结果的处理

按照本规程的规定和要求，经检定合格的水平振动台，发给检定证书（内页格式见附录 B）；检定不合格的水平振动台，发给检定结果通知书（内页格式见附录 C），并注明不合格项目。

7.5 检定周期

水平振动台的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

水平滑台最大倾覆力矩和最大偏转力矩的检测方法

1. 水平滑台最大倾覆力矩的检测

将 50kg 砝码或等同质量的调试件牢固地紧固于离水平滑台台面 400mm 高的辅助调试架上，调试架应和台面刚性连接。由式 (A.1) 可计算出水平滑台承受最大倾覆力矩时的加速度，同时选择水平振动台满足该加速度的最低工作频率。在此工作状况下测试水平滑台台面中心加速度波形失真度，其应不大于 25%。

$$M_{Q_{\max}} = ma_Q L_Q \quad (\text{A.1})$$

$$a_Q = \frac{M_{Q_{\max}}}{mL_Q}$$

式中： a_Q ——进行最大倾覆力矩测试时水平振动台的振动加速度， m/s^2 ；

$M_{Q_{\max}}$ ——水平滑台最大倾覆力矩， kNm ；

m ——砝码或调试件质量， kg ；

L_Q ——砝码或调试件重心离台面高度， m 。

2. 最大偏转力矩的检测

将 50kg 砝码或等同质量的调试件牢固地紧固于离水平滑台台面偏离推力中心线的一边，其重心离推力中心线距离 150mm。由式 (A.2) 计算出水平滑台承受最大偏转力矩时的加速度，同时选择水平振动台满足该加速度值的最低工作频率。在此工作状况下测试水平滑台台面中心加速度波形失真度，其应不大于 25%。

$$M_{H_{\max}} = ma_H L_H \quad (\text{A.2})$$

$$a_H = \frac{M_{H_{\max}}}{mL_H}$$

式中： a_H ——进行偏转力矩测试时水平振动台的加速度， m/s^2 ；

$M_{H_{\max}}$ ——水平滑台最大偏转力矩， kNm ；

m ——砝码或调试件质量， kg ；

L_H ——砝码或调试件重心离推力中心线距离， m 。

附录 B

检定证书内页格式

一、水平振动台常用参数检定结果

频率 (Hz)					
频率示值误差 (%)					
加速度 (或位移) 幅值误差 (%)					
波形失真度 (%)					
不均匀度 (%)					
横向振动比 (%)					

二、水平振动台其他参数检定结果

1. 振动频率稳定度: _____ %;
2. 加速度幅值示值稳定度: _____ %;
3. 最大加速度波形失真度: _____ % ($f =$ _____ Hz) 及失真度频带宽度: _____ % f ;
4. 背景噪声加速度: _____ g ;
5. 电动水平振动台一阶共振频率: _____ Hz, 偏差为 _____ %;
6. 最大加速度不均匀度: _____ % ($f =$ _____ Hz) 及不均匀度频带宽度: _____ % f ;
7. 最大横向振动比: _____ % ($f =$ _____ Hz) 及横向振动比频带宽度: _____ % f ;
8. 扫频速率误差: _____ %;
9. 扫频定振精度: _____ dB;
10. 最大倾覆力矩: _____ kNm;
11. 最大偏转力矩: _____ kNm;
12. 最大加速度幅值: _____ m/s^2 ;
13. 最大位移幅值: _____ m。

附录 C

检定结果通知书内页格式

序号	不合格项目	规程要求	实测结果	结 论
1				
2				
3				
4				