



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 972—2023

## 离心式恒加速度试验机

Constant Acceleration Centrifugal Test Machines

2023-06-30 发布

2023-12-30 实施

国家市场监督管理总局 发布

离心式恒加速度试验机  
检定规程

Verification Regulation of Constant  
Acceleration Centrifugal Test Machines

JJG 972—2023  
代替 JJG 972—2002

归口单位：全国惯性技术计量技术委员会

主要起草单位：中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研  
究所

陕西省计量科学研究院

广东省计量科学研究院

深圳中航技术检测所有限公司

参加起草单位：北京晨晶电子有限公司

**本规程主要起草人：**

董雪明(中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所)

杨刚炜(陕西省计量科学研究院)

杨德俊(广东省计量科学研究院)

刘克先(深圳中航技术检测所有限公司)

**参加起草人：**

秦朝俊(中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所)

汤 一(北京晨晶电子有限公司)

负 韞(陕西省计量科学研究院)

# 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 3 )
5 计量性能要求 .....	( 3 )
6 通用技术条件 .....	( 4 )
6.1 外观及附件 .....	( 4 )
6.2 安全与防护 .....	( 4 )
6.3 恒加速度试验机工作环境 .....	( 4 )
7 计量器具控制 .....	( 4 )
7.1 检定条件 .....	( 4 )
7.2 检定项目及检定方法 .....	( 5 )
7.3 检定结果的处理 .....	( 12 )
7.4 检定周期 .....	( 12 )
附录 A 检定证书内页格式 .....	( 13 )
附录 B 检定结果通知书内页格式 .....	( 14 )
附录 C 恒加速度试验机检定记录 .....	( 15 )

# 引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成修订本规范的基础性系列规范。

本规范是对 JJG 972—2002《离心式恒加速度试验机》的修订。与 JJG 972—2002 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 按离心式恒加速度试验机分类修改了范围（见第 1 章）；
- 修改了引用文件（见第 2 章）；
- 修改术语“安装计算半径”为“工作半径”，规程正文中所有“安装计算半径”统一修改为“工作半径”（见 3.2）；
- 修改了术语“恒加速度”（见 3.3）；
- 修改“主轴回转速度（转速）设定值”为“转速设定值”，规程正文中所有“主轴回转速度”统一修改为“转速”（见 3.4）；
- 修改“切线加速度”为“切向加速度”，修改“切线加速度比”为“切向加速度比”，修改“切线加速度平均值”为“切向加速度比平均值”，修改“切线加速度比瞬时值”为“切向加速度比瞬时值”，规程正文进行了全部替换，修改了术语“切向加速度比”（见 3.5）；
- 增加了术语“加速度梯度”（见 3.6）；
- 增加了离心式恒加速度试验机分类（见第 4 章）；
- 修改了计量性能要求，按照离心式恒加速度试验机分类分别提出（见第 5 章）；
- 增加了“加速度稳定度”“加速度梯度”的计量性能要求（见 5.1）；
- 修改“静态集流环接触电阻”为“导电滑环接触电阻”，修改“动态集流环接触电阻”为“导电滑环接触电阻动态变化量”，增加了“导电滑环绝缘电阻”计量特性（见 5.1）；
- 修改了“恒加速度试验机工作环境”中温湿度要求（见 6.3）；
- 修改了检定用仪器设备（见 7.1.2）；
- 增加了检定项目“转速范围”和“加速度范围”（见 7.2、7.2.3 和 7.2.6）；
- 增加了工作半径的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取（推荐）不同的方法进行检定（见 7.2.2）；
- 增加了转速示值误差的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取不同的方法进行检定（见 7.2.4）；
- 修改了转速稳定度的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取不同的方法进行检定（见 7.2.5）；
- 增加了加速度示值误差的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取不同的方法进行检定（见 7.2.7）；
- 增加了加速度稳定度的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取不同的

方法进行检定（见 7.2.8）；

——增加了切向加速度比平均值的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取不同的方法进行检定（见 7.2.9.1）；

——增加了切向加速度比瞬时值的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取不同的方法进行检定（见 7.2.9.2）；

——增加了加速度梯度的检定方法，并按离心式恒加速度试验机等级选取不同的方法进行检定（见 7.2.10）；

——增加了导电滑环绝缘电阻的检定方法（见 7.2.11.1）；

——修改了导电滑环接触电阻的检定方法（见 7.2.11.2）；

——修改了导电滑环接触电阻动态变化量的检定方法（见 7.2.11.3）；

——修改了检定证书内页格式（见附录 A）；

——修改了恒加速度试验机检定记录（见附录 C）。



## 离心式恒加速度试验机检定规程

### 1 范围

本规程适用于加速度量程小于 100 000 m/s<sup>2</sup> 准确度等级 1 等至 5 等离心式恒加速度试验机的首次检定、后续检定和使用中检查。

### 2 引用文件

JJG 1066—2011 精密离心机

GB/T 2423.15—2008 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 5170.16—2018 环境试验设备检验方法 第 16 部分：稳态加速度试验用离心机

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

### 3 术语

#### 3.1 检定用负载 load for verification

用于检定的固定质量块，其外形应对称，质量等于最大载荷给定值。

注：检定用负载应可靠地固定在工作台面（或转臂）上，在规定的恒加速度范围内工作时不应有松动现象。

#### 3.2 工作半径 working radius

离心式恒加速度试验机台面（或转臂）上安装的试验负载（包括检定用负载）的几何中心到恒加速度试验机回转中心的距离。

#### 3.3 恒加速度 constant acceleration

离心式恒加速度试验机稳定旋转时，作用于安装台面（或转臂）上载荷的向心加速度。

通常情况下，恒加速度可以利用参考标准加速度计通过直接法测量得到。当恒加速度用间接法测定时，即根据实测的工作半径及转速，按式（1）计算恒加速度值：

$$a_0 = \omega^2 R_0 = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 n_0^2 R_0 \quad (1)$$

式中：

$a_0$ ——加速度，m/s<sup>2</sup>；

$\omega$ ——角速度，rad/s；

$R_0$ ——工作半径，m；

$n_0$ ——实测的主轴转速，r/min。

#### 3.4 转速设定值 speed setpoint

满足被测试载荷试验条件设置的离心式恒加速度试验机转速。

转速设定值依据恒加速度给定值及工作半径，按式（2）计算：

$$n'_0 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{a'_0}{R_0}} \quad (2)$$

式中：

$n'_0$ ——转速设定值，r/min；

$a'_0$ ——恒加速度给定值，m/s<sup>2</sup>。

### 3.5 切向加速度比 tangential acceleration ratio

离心式恒加速度试验机台面（或转臂）上载荷沿着半径为  $R_0$  的圆周运动时，它在切线方向的速度变化率。分为上升段切向加速度和下降段切向加速度。

切向加速度按式（3）计算：

$$a_T = \frac{\pi (n_2 - n_1) R_0}{30 t} \quad (3)$$

式中：

$a_T$ ——切向加速度，m/s<sup>2</sup>；

$n_2$ 、 $n_1$ ——转速终值、初值，r/min；

$t$ ——主轴转速由初值到终值的时间，s。

载荷中心切向加速度  $a_T$  和恒加速度  $a_0$  [ $n_0 = \max(n_2, n_1)$ ] 的比值为切向加速度比  $\beta$ ，按式（4）计算：

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{a_T}{a_0} \times 100\% \\ &= \frac{\pi (n_2 - n_1) R_0}{30 t a_0} \times 100\% \end{aligned} \quad (4)$$

当  $t$  为  $n_1=0$  到  $n_2=n_0$  的时间间隔或者  $n_1=n_0$  到  $n_2=0$  的时间间隔时， $\beta_0$  为上升段切向加速度比平均值或者下降段切向加速度比平均值，分别按式（5）计算：

$$\beta_0 = \frac{\pi n_0 R_0}{30 t a_0} \times 100\% \quad (5)$$

取上升段切向加速度比平均值和下降段切向加速度比平均值中较大者作为该恒加速度试验机的切向加速度比平均值。

当  $t$  取相邻两个转速点时间间隔时， $\beta_i$  为切向加速度比瞬时值，按式（6）计算：

$$\beta_i = \frac{\pi (n_2 - n_1) R_0}{30 t a_0} \times 100\% \quad (6)$$

### 3.6 加速度梯度 acceleration gradient

离心式恒加速度试验机台面（或转臂）上载荷沿着工作半径为  $R_0$  的圆周运动时，取载荷的最小和最大工作半径分别作为  $R_1$ ， $R_1$  对应的恒加速度与  $R_0$  对应的恒加速度的相对偏差计为加速度梯度  $a_{\text{Grad}}$ ，按式（7）计算：

$$a_{\text{Grad}} = \frac{|R_1 - R_0|}{R_0} \times 100\% \quad (7)$$

取两个  $a_{\text{Grad}}$  中最大值作为该恒加速度试验机加速度梯度。



## 4 概述

离心式恒加速度试验机（以下简称恒加速度试验机）是一种能产生恒加速度的装置，它通常由机械台体、控制系统、试验参数测量显示系统及其附属设备组成。按台体结构可分为转盘式和转臂式两种类型。

恒加速度试验机准确度等级分类见表 1。

表 1 恒加速度试验机准确度等级分类

恒加速度试验机加速度测量不确定度 ( $k=2$ )	0.1%	0.5%	1%	5%	10%
恒加速度试验机准确度等级	1 等	2 等	3 等	4 等	5 等

## 5 计量性能要求

### 5.1 主要计量性能要求

主要计量性能要求见表 2。

表 2 主要计量性能及要求

主要计量性能		恒加速度试验机准确度等级				
		1 等	2 等	3 等	4 等	5 等
工作半径示值误差		MPE: $\pm 0.05\%$	MPE: $\pm 0.1\%$	MPE: $\pm 0.5\%$	MPE: $\pm 1\%$	MPE: $\pm 3\%$
转速示值误差		MPE: $\pm 0.04\%$	MPE: $\pm 0.2\%$	MPE: $\pm 0.4\%$	MPE: $\pm 1.5\%$	MPE: $\pm 2.5\%$
转速稳定度		MPE: $\pm 0.04\%$	MPE: $\pm 0.2\%$	MPE: $\pm 0.4\%$	MPE: $\pm 1.5\%$	MPE: $\pm 2.5\%$
加速度示值误差		MPE: $\pm 0.1\%$	MPE: $\pm 0.5\%$	MPE: $\pm 1\%$	MPE: $\pm 5\%$	MPE: $\pm 10\%$
加速度稳定度		MPE: $\pm 0.05\%$	MPE: $\pm 0.25\%$	MPE: $\pm 0.5\%$	MPE: $\pm 2.5\%$	MPE: $\pm 5.0\%$
切向加速度比	平均值	MPE: $\pm 1\%$	MPE: $\pm 2\%$	MPE: $\pm 3\%$	MPE: $\pm 4\%$	MPE: $\pm 5\%$
	瞬时值	MPE: $\pm 2\%$	MPE: $\pm 4\%$	MPE: $\pm 6\%$	MPE: $\pm 8\%$	MPE: $\pm 10\%$
加速度梯度		MPE: $\pm 3\%$	MPE: $\pm 5\%$	MPE: $\pm 5\%$	MPE: $\pm 10\%$	MPE: $\pm 10\%$
导电滑环	绝缘电阻	$\geq 200 \text{ M}\Omega$	$\geq 200 \text{ M}\Omega$	$\geq 200 \text{ M}\Omega$	$\geq 200 \text{ M}\Omega$	$\geq 200 \text{ M}\Omega$
	接触电阻	$\leq 2.0 \Omega$	$\leq 3.0 \Omega$	$\leq 5.0 \Omega$	$\leq 5.0 \Omega$	$\leq 5.0 \Omega$
	接触电阻动态变化量	$\leq 1.0 \Omega$	$\leq 2.0 \Omega$	$\leq 3.0 \Omega$	$\leq 5.0 \Omega$	$\leq 5.0 \Omega$

5.2 辐射噪声最大声压级 (A 计权)  $\leq 90 \text{ dB}$ 。

5.3 其他

恒加速度试验机必须标明额定工作半径的名义尺寸（转盘式恒加速度试验机必须标明转盘台体半径，转臂式恒加速度试验机必须标明转臂臂长）。制造厂应给出恒加速度

试验机其他技术指标，如额定载荷、额定加速度范围、额定转速范围和连续工作时间等。

## 6 通用技术条件

### 6.1 外观及附件

6.1.1 恒加速度试验机应有铭牌，标明型号、规格、制造厂。附件与恒加速度试验机应有统一编号。

6.1.2 恒加速度试验机出厂时必须附有产品合格证、使用说明书及有关配套技术资料等。

6.1.3 恒加速度试验机控制、测量显示部分应配套齐全，各插接件应连接可靠；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 安全与防护

恒加速度试验机必须符合安全生产有关规定，应有完好的安全防护和消震隔噪等措施。

### 6.3 恒加速度试验机工作环境

6.3.1 温度：15℃～35℃，相对湿度：20%～80%。

6.3.2 设备额定电压变化范围：额定电压的10%。

6.3.3 恒加速度试验机环境周围应无腐蚀性气、液体；无强电磁干扰。

## 7 计量器具控制

### 7.1 检定条件

#### 7.1.1 环境条件

同 6.3 恒加速度试验机工作环境。

#### 7.1.2 检定用仪器设备

检定用仪器设备及要求见表 3。

表 3 检定用主要仪器设备

序号	检定用仪器设备	技术指标	用途
1	参考标准加速度计 <sup>①</sup>	$U_{rel} = 3 \times 10^{-4}$ , $k = 2$ 线性度: $2 \times 10^{-4}$	反算半径 加速度 转速 切向加速度比
2	游标卡尺	MPE: $\pm 0.02$ mm	工作半径
3	钢卷尺	MPE: $\pm (0.2 \text{ mm} + 0.2\%R)$ , R 为工作半径	工作半径
4	转速测量仪 (具备同步 测量时间功能) <sup>②</sup>	转速: 不低于 0.05 级 定时误差: 10 ms	转速 切向加速度比

表 3 (续)

序号	检定用仪器设备	技术指标	用途
5	转速表 (具备同步测量时间功能) <sup>③</sup>	转速: 不低于 0.5 级 定时误差: 10 ms	转速 切向加速度比
6	绝缘表	10 级	导电滑环
7	接触电阻测量仪	MPE: $\pm 0.1\%$	导电滑环
8	欧姆表	MPE: 1 m $\Omega$	导电滑环
9	声级计	2 级 (A 计权)	辐射噪声
10	额定载荷	按设计要求	其他技术指标

① 参考标准加速度计可以是单轴加速度计, 也可以是双轴或者三轴加速度计, 推荐用双轴或者三轴加速度计测量切向加速度比。

② 转速测量仪需要具备测量转速和计时两种功能, 而且需要在测量转速时能够同步记录时间。

③ 转速表需要具备测量转速和计时两种功能, 而且需要在测量转速时能够同步记录时间。

## 7.2 检定项目及检定方法

检定项目见表 4。

表 4 检定项目

序号	检定项目		首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观、安全防护检查		+	+	—
2	工作半径		+	+	—
3	转速范围		+	—	—
4	转速示值误差		+	+	+
5	转速稳定度		+	+	—
6	加速度范围		+	+	—
7	加速度示值误差		+	+	+
8	加速度稳定度		+	+	—
9	切向加速度比	平均值	+	+	—
		瞬时值	+	—	—
10	加速度梯度		+	+	—
11	导电滑环		+	+	+
12	辐射噪声		+	+	+
13	连续工作时间、额定载荷等 其他技术指标		+	—	—

注: 表中“+”表示必须检定的项目; “—”表示可不检的项目。

### 7.2.1 恒加速度试验机外观、安全与防护和工作环境的检查

按 6.1, 6.2 和 6.3 的要求, 对恒加速度试验机外观、安全与防护和工作环境条件进行检查, 检查结果应符合 6.1, 6.2 和 6.3 的各项规定。

### 7.2.2 工作半径

方法一: 反算半径法

对于 1 等恒加速度试验机, 以及无法直接测量工作半径的恒加速度试验机, 推荐用反算半径法。

把参考标准加速度计通过专用工装安装在被检定恒加速度试验机上, 利用参考标准加速度计的输出反算其工作半径, 即 
$$R = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{E_i - K_0 K_1}{\left(\frac{\pi}{30}\right)^2 K_1 n_i^2}$$
, 式中  $m$  为测量次数 (一

般不少于 3 次),  $E_i$  为第  $i$  次测量时参考标准加速度计的输出,  $n_i$  为第  $i$  次测量时恒加速度试验机给定的转速,  $K_0$  为参考标准加速度计的零偏,  $K_1$  为参考标准加速度计的标度因数。

方法二: 游标卡尺法

对于 2 等、3 等恒加速度试验机, 推荐用游标卡尺测量其工作半径。记录 3~5 组测量数据, 取其平均值作为工作半径。

方法三: 钢卷尺法

对于 4 等、5 等恒加速度试验机, 推荐用钢卷尺测量其工作半径。记录 3~5 组测量数据, 取其平均值作为工作半径。

工作半径  $R_0$  的测量结果应符合 5.1 的规定。

### 7.2.3 转速范围

方法一: 参考标准加速度计法

对于 1 等恒加速度试验机, 推荐用参考标准加速度计法测量其转速。

分别选取最低、最高加速度点不少于 5 个加速度点  $a_j$ , 利用公式  $n_j = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{a_j}{R_0}}$  计算得到第  $j$  个转速, 其中  $R_0$  通过 7.2.2 方法得到, 单位为 m,  $a_j$  为给定加速度, 单位为  $\text{m/s}^2$ 。

方法二: 转速测量仪法

对于 2 等、3 等、4 等恒加速度试验机, 推荐用转速测量仪测量其转速。

在规定的转速范围内选取不少于 5 个转速点, 必须包括最低、最高转速点。在每一个转速点记录 5~10 个数, 取其平均值作为该点的转速测量值。

方法三: 转速表法

对于 5 等恒加速度试验机, 推荐用转速表测量其转速。

在规定的转速范围内选取不少于 5 个转速点, 必须包括最低、最高转速点。在每一个转速点记录 5~10 个测量值, 取其平均值作为该点的转速测量值。

按照恒加速度试验机的等级选取上述一种方法, 恒加速度试验机满载, 在其最小(下限值)、最大(上限值)转速点分别测量, 可以得到该恒加速度试验机的转速范围。

#### 7.2.4 转速示值误差

根据被检定的恒加速度试验机等级选取 7.2.3 中的一种方法。

恒加速度试验机满载，在规定的转速范围内均匀选取 5 个或以上转速设定值（含上限和下限转速值），各进行 5~10 次测量，记录检定用参考标准加速度计（或转速测量仪或转速表）的测量值，其中参考标准加速度计的输出为加速度，需要先通过式（2）转换成转速。

转速示值误差按式（8）计算：

$$\delta_{ni} = \frac{|n_{0i} - n_i|}{n_{0i}} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

$\delta_{ni}$ ——恒加速度试验机在第  $i$  转速点转速示值误差；

$n_i$ ——第  $i$  转速点时参考标准加速度计（或转速测量仪或转速表）的测量值，r/min；

$n_{0i}$ ——第  $i$  转速点时恒加速度试验机的给定值，r/min。

从诸  $\delta_{ni}$  中选取最大值作为转速示值误差  $\delta_n$  检定结果，应符合 5.1 的规定。

#### 7.2.5 转速稳定度

根据被检定的恒加速度试验机等级选取 7.2.3 中的一种方法。

恒加速度试验机满载，在规定的转速上限值及下限值上分别进行测量。测量并记录此时恒加速度试验机的转速显示值，同步记录检定用参考标准加速度计（或具备同步计时功能的转速测量仪或转速表）的测量值作为第一组数据后，每隔 2 min 再测量和记录 1 次，共记录 20 min。转速稳定度按式（9）计算，其中参考标准加速度计的输出为加速度，需要先通过式（2）转换成转速，然后再按式（9）计算：

$$S_n = \frac{|n_{ij} - \bar{n}_{0i}|}{\bar{n}_{0i}} \times 100\% \quad (9)$$

式中：

$S_n$ ——转速稳定度；

$n_{ij}$ ——在转速范围上限值  $i=1$  及下限值  $i=2$ ，利用参考标准加速度计（或具备同步计时功能的转速测量仪或转速表）对恒加速度试验机转速的第  $j$  次测量值（ $j=1,2,\dots,10,11$ ），r/min；

$\bar{n}_{0i}$ ——分别为在转速范围上限值  $i=1$  及下限值  $i=2$ ，各 11 次测量恒加速度试验机显示转速的平均值，r/min。

选取在转速上限值和转速下限值时测得的转速稳定度中较大值作为该恒加速度试验机转速稳定度  $S_n$  检定结果，应符合 5.1 的规定。

#### 7.2.6 加速度范围

方法一：参考标准加速度计法

对于 1 等恒加速度试验机，推荐利用参考标准加速度计直接测量恒加速度试验机的输出加速度。

方法二：转速半径合成法

对于 1 等以下的恒加速度试验机，推荐通过测量转速和工作半径，利用式（10）、式（11）分别计算出离心式恒加速度试验机第  $i$  个加速度显示值  $a_{0i}$  和实际测量的第  $i$  个加速度测量值  $a_i$ 。

$$a_{0i} = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \bar{n}_{0i}^2 R_0 \quad (10)$$

$$a_i = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \bar{n}_i^2 R_0 \quad (11)$$

式中：

$\bar{n}_{0i}$ ——在第  $i$  转速点恒加速度试验机 5 次显示转速平均值，r/min；

$\bar{n}_i$ ——在第  $i$  转速点转速 5 次测量平均值，r/min；

$R_0$ ——工作半径。

根据被检定的恒加速度试验机等级选取上述一种方法，将检定用负载安装在恒加速度试验机台面或转臂上，在恒加速度试验机的最小（下限值）、最大（上限值）输出加速度点分别测量，可以得到该恒加速度试验机的加速度范围。

#### 7.2.7 加速度示值误差

根据被检定的恒加速度试验机等级选取 7.2.6 中的一种方法。

将检定用负载安装在恒加速度试验机台面或转臂上，测量检定负载的工作半径  $R_0$ 。在规定的转速范围内均匀地选取 5 个转速设定值（含上限和下限转速值），每个转速点测量 3 次，记录检定用参考标准加速度计（或转速测量仪，或转速表测量值需要转换成对应的加速度）的测量值，按式（12）计算加速度示值误差：

$$\delta_{ai} = \frac{|a_{0i} - a_i|}{a_{0i}} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

$\delta_{ai}$ ——恒加速度试验机在第  $i$  转速点时加速度示值误差；

$a_{0i}$ ——在第  $i$  转速点时恒加速度试验机的加速度给定值， $m/s^2$ ；

$a_i$ ——在第  $i$  转速点时恒加速度试验机的加速度测量值， $m/s^2$ 。

选取  $\delta_{ai}$  中最大值作为加速度示值误差  $\delta_a$  检定结果，应符合 5.1 的规定。

#### 7.2.8 加速度稳定度

根据被检定的恒加速度试验机等级选取 7.2.6 中的一种方法。

将检定用负载安装在恒加速度试验机台面或转臂上，在规定的加速度范围上限值及下限值上分别进行测量。测量并记录此时恒加速度试验机的加速度显示值，同步记录检定用参考标准加速度计（或具备同步计时功能的转速测量仪或转速表）的测量值作为第一组数据后，每隔 2 min 再测量和记录 1 次，共记录 20 min。加速度稳定度按式（13）计算，其中利用转速测量仪或转速表测量得到的数据需要先合成加速度后再按式（13）计算：

$$S_a = \frac{|a_{ij} - \bar{a}_{0i}|}{\bar{a}_{0i}} \times 100\% \quad (13)$$

式中：

$S_a$ ——加速度稳定度；

$a_{ij}$ ——在加速度范围上限值  $i=1$  及下限值  $i=2$ ，对恒加速度试验机加速度的第  $j$  次测量值 ( $j=1,2,\dots,10,11$ )；

$\bar{a}_{0i}$ ——分别为在加速度范围上限值  $i=1$  及下限值  $i=2$  时，各 11 次测量得到的恒加速度试验机加速度显示值的平均值。

选取在加速度上限值和加速度下限值时测得的加速度稳定度的较大值作为加速度稳定度  $S_a$  检定结果，应符合 5.1 的规定。

### 7.2.9 切向加速度比

#### 7.2.9.1 切向加速度比平均值

方法一：参考标准加速度计法

对于 1 等、2 等和 3 等恒加速度试验机，推荐利用该方法检定。

将检定用负载和参考标准加速度计（推荐选取双轴或者三轴加速度计）安装在恒加速度试验机台面或转臂上，使参考标准加速度计的两个敏感方向分别为恒加速度试验机的向心方向和切线方向。在规定的加速度范围内选取 5 个加速度设定值（必须包括加速度上限值）。

按照选定的加速度设定值，分别进行 1)、2) 和 3) 操作：

1) 控制恒加速度试验机从静止升到加速度设定值，实时测量参考标准加速度计的输出恒加速度  $a_{0i}$  和切向加速度  $a_{Ti}$ ，并利用转速测量仪的同步计时功能记录时间。

2) 控制恒加速度试验机从加速度设定值降到 0，实时测量参考标准加速度计的输出生恒加速度  $a'_{0i}$  和切向加速度  $a'_{Ti}$ ，并同步记录时间。

3) 重复 1)、2) 过程 2 次。

取恒加速度试验机达到加速度设定值时测量得到的参考标准加速度计的输出生恒加速度的平均值作为  $\overline{a_{0i}}$  和输出切向加速度的平均值作为  $\overline{a_{Ti}}$ 。上升段或者下降段切向加速度比平均值按式 (14) 计算：

$$\beta_{ai} = \frac{\overline{a_{Ti}}}{\overline{a_{0i}}} \times 100\% \quad (14)$$

在诸  $\beta_{ai}$  中选取最大值作为切向加速度比平均值  $\beta_a$  检定结果，应符合 5.1 的规定。

当切向加速度比平均值  $\beta_a$  大于 5% 时，应考虑用瞬时值法进一步检定切向加速度比瞬时值  $\beta_i$ 。

方法二：公式转换法

对于 4 等和 5 等恒加速度试验机，推荐利用该方法检定。

将检定用负载安装在恒加速度试验机台面或转臂上，测量检定负载的工作半径  $R_0$ 。在规定的转速范围内选取 5 个转速设定值（必须包括转速上限值）。

按照选定的转速设定值，分别进行 1)、2) 和 3) 操作：

1) 控制恒加速度试验机从 0 升到转速设定值，同时用带有同步计时功能的转速测量仪（或者转速表）同步记录主轴转速由零升至设定值的转速和时间，在恒加速度试验机到达转速设定值时记录 5~10 组转速测量数据，取平均值。

2) 控制恒加速度试验机从转速设定值降至零, 同时用带有同步计时功能的转速测量仪 (或者转速表) 同步记录转速和时间。

3) 重复 1)、2) 过程 2 次。

按式 (15) 计算得到上升段或者下降段切向加速度比平均值。

$$\beta_{ai} = \frac{\pi \bar{n}_i R_0}{30 t_i a_i} \times 100\% \quad (15)$$

式中:

$\beta_{ai}$ ——恒加速度试验机在第  $i$  转速点切向加速度比平均值;

$\bar{n}_i$ ——恒加速度试验机在第  $i$  转速点的 3 次测量转速平均值, r/min;

$t_i$ ——分别在第  $i$  转速点主轴转速由零升至设定值或者由设定值降至零的 3 次测量时间平均值, s;

$a_i$ ——取转速设定值对应的恒加速度,  $\text{m/s}^2$ 。

在诸  $\beta_{ai}$  中选取最大者作为切向加速度比平均值  $\beta_a$  检定结果, 应符合 5.1 的规定。

当切向加速度比平均值  $\beta_a$  大于 5% 时, 应考虑用瞬时值法进一步检定切向加速度比瞬时值  $\beta_i$ 。

#### 7.2.9.2 切向加速度比瞬时值

方法一: 参考标准加速度计法

对于 1 等、2 等和 3 等恒加速度试验机, 推荐利用该方法检定。

采用 7.2.9.1 的方法一, 控制恒加速度试验机的加速度由零升至设定值, 再由设定值降至零, 连续记录参考标准加速度计信号 (包括恒加速度和切向加速度) 以及时间, 分别选取上升段和下降段各自记录曲线 10% 和 90% 段中相邻两点切向加速度变化最大值

$\Delta a_{\max}$ , 切向加速度比瞬时值按公式  $\beta_i = \frac{\Delta a_{\max}}{a_{0i}} \times 100\%$  计算, 其中  $a_{0i}$  为相邻两切向加速度点 (选  $\Delta a_{\max}$  时)

对应的最大恒加速度。图 1 为切向加速度最大变化值选取示意图。

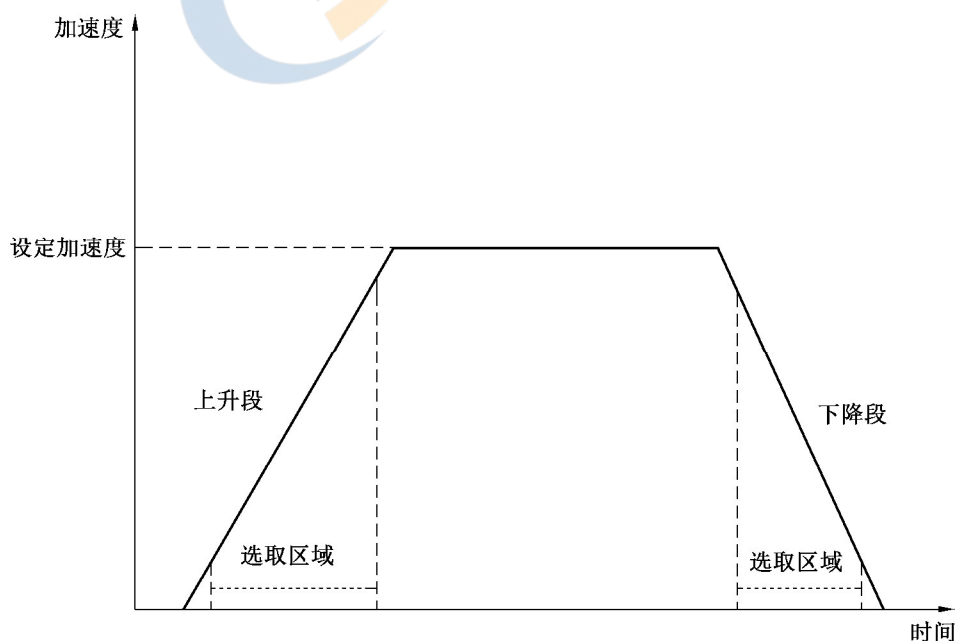


图 1 切向加速度最大变化值选取示意图



取  $\beta_i$  中最大值作为切向加速度比瞬时值，应符合 5.1 的规定。

方法二：公式转换法

对于 4 等和 5 等恒加速度试验机，推荐利用该方法检定。

采用 7.2.9.1 的方法二，控制恒加速度试验机的转速由零升至设定值，再由设定值降至零，用具备同步计时功能的转速测量仪分别连续记录转速和时间，分别选取上升段和下降段各自记录曲线 10%~90% 段中相邻两点转速变化最大值  $\Delta n_{\max}$ ，切向加速度比瞬时值  $\beta_i$  按公式  $\beta_i = \frac{\pi \Delta n_{\max} R_0}{30 t_i a_{0i}} \times 100\%$  计算，其中  $t_i$  为相邻两点时间间隔， $a_{0i}$  取相邻两转速点（选  $\Delta n_{\max}$  时）对应的最大恒加速度。

取  $\beta_i$  中最大值作为切向加速度比瞬时值，应符合 5.1 的规定。

#### 7.2.10 加速度梯度

根据 7.2.2 方法，测量载荷安装区域的最小和最大工作半径。加速度梯度参考式 (7) 计算。

加速度梯度应符合 5.1 的规定。

#### 7.2.11 导电滑环

##### 7.2.11.1 绝缘电阻

用绝缘表测量各导电滑环之间，导电滑环与壳体之间的电阻值，并记录。记录格式见附录 C。

选取各导电滑环之间绝缘电阻最小值作为导电滑环之间的绝缘电阻。

选取各导电滑环与壳体之间绝缘电阻最小值作为导电滑环与壳体之间的绝缘电阻。

检定结果应满足 5.1 的规定。

##### 7.2.11.2 接触电阻

将导电滑环在恒加速度试验机转盘（或转臂）上的各环路端点短接在一起，在导电滑环的输出端选取两个环路接到接触电阻测量仪上，按 45° 间隔正反方向各转一周，在各个位置测量环路的接触电阻，对每一环路测量 5 次，取平均值。取每一环接触电阻平均值的最大值，减去引出导线的电阻，即为该环路的静态接触电阻值。

检定结果应满足 5.1 的规定。

##### 7.2.11.3 接触电阻动态变化量

1) 在恒加速度试验机工作台面的导电滑环引出端接线；

2) 把导电滑环另一引出端接线对应接到多路采集卡或多通道端子板上；

3) 在恒加速度试验机正常工作的转速范围内，至少选择 5 个转速点（必须包括恒加速度试验机转速下限、上限点）；

4) 以给定转速点工作，在每个转速点下用欧姆表测量导电滑环之间电阻，并记录，计为  $R_{H-H_j}$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  值与步骤 3) 中选择的转速点个数一致； $i = 1, 2, \dots, 5$ )；

5) 停止恒加速度试验机；

6) 重复 1)、2)、3)、4)、5)，按上述方法，完成其余导电滑环检测。

给定的转速范围内，选择被测导电滑环电阻平均值的最大值和最小值，两者之差的

一半即为导电滑环接触电阻的动态变化量。

检定结果应满足 5.1 的规定。

#### 7.2.12 辐射噪声的检定

恒加速度试验机满载时，控制恒加速度试验机的转速，并逐渐调至转速范围上限值，在距台体边缘 1 m、离地面 1.5 m 处用声级计测量并记录，取最大值作为辐射噪声。

结果应符合 5.2 规定。当噪声过大时，应采取相应降噪措施。

#### 7.2.13 其他技术指标

恒加速度试验机在定型鉴定、样机试验等必要情况下，应进行额定载荷、连续工作时间的检定。将额定载荷安装在恒加速度试验机台面或转臂上，恒加速度试验机转速调至转速范围上限值，在规定的连续工作时间内，恒加速度试验机应能正常工作，且满足制造厂给出的技术指标。

#### 7.3 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的恒加速度试验机，发给检定证书（内页格式见附录 A）；经检定不符合本规程要求的恒加速度试验机，发给检定结果通知书（内页格式见附录 B），并注明不合格项目。

#### 7.4 检定周期

复检时间间隔为 1 年，但修理后应立即检定。

## 附录 A

## 检定证书内页格式

序号	检定项目		实测结果	结论
1	外观、安全防护检查			
2	工作半径 $R_0/m$			
3	转速范围 $n/(r/min)$	$n_{\min}$		
		$n_{\max}$		
4	转速示值误差 $\delta_n/\%$			
5	转速稳定度 $S_n/\%$			
6	加速度范围 $a/g$	$a_{\min}$		
		$a_{\max}$		
7	加速度示值误差 $\delta_a/\%$			
8	加速度稳定度 $S_a/\%$			
9	切向加速度比	平均值 $\beta_a/\%$		
		瞬时值 $\beta_t/\%$		
10	加速度梯度			
11	导电滑环	绝缘电阻/ $M\Omega$		
		接触电阻/ $\Omega$		
		动态变化量/ $\Omega$		
12	辐射噪声 (A 计权)/dB			
13	连续工作时间/h			
14	额定载荷/kg			
15	台面 (或转臂) 半径/m	$R_{\min}$		
		$R_{\max}$		

## 附录 B

## 检定结果通知书内页格式

序号	恒加速度试验机 不合格项目	规程要求	实测结果	结论
1				
2				
3				
⋮				



## 附录 C

## 恒加速度试验机检定记录

一、外观、安全防护检查：

二、工作半径

安装位置	$R_{01}$	$R_{02}$	$R_{03}$	$R_{04}$	$R_{05}$	平均值
标称值/m						
测量值/m						
误差 $\delta_R$						

三、转速

1. 转速范围

下限：r/min；

上限：r/min。

2. 转速示值误差

参数		$n/(r/min)$						$\delta_{ni}$
		1	2	3	4	5	$\bar{n}$	
转 速 点	1	显示值						
		测量值						
	2	显示值						
		测量值						
	3	显示值						
		测量值						
	4	显示值						
		测量值						
	5	显示值						
		测量值						

3. 转速稳定度（恒加速度试验机满载）

参数	$n/(r/min)$					$\bar{n}/(r/min)$	$s_{ni}$
	1	2	...	9	10		
转速上限点							
转速下限点							

四、加速度（恒加速度试验机带载）

1. 加速度范围

下限： $g$ ；

上限： $g$ 。

2. 加速度示值误差

参数		$n_i / (\text{r/min})$					$\bar{n}_i$ r/min	$R_0$ m	$a_i$ m/s <sup>2</sup>	$\delta_{ai}$
		1	2	3	4	5				
转 速 点	1	显示值								
		实测值								
	2	显示值								
		实测值								
	3	显示值								
		实测值								
	4	显示值								
		实测值								
	5	显示值								
		实测值								

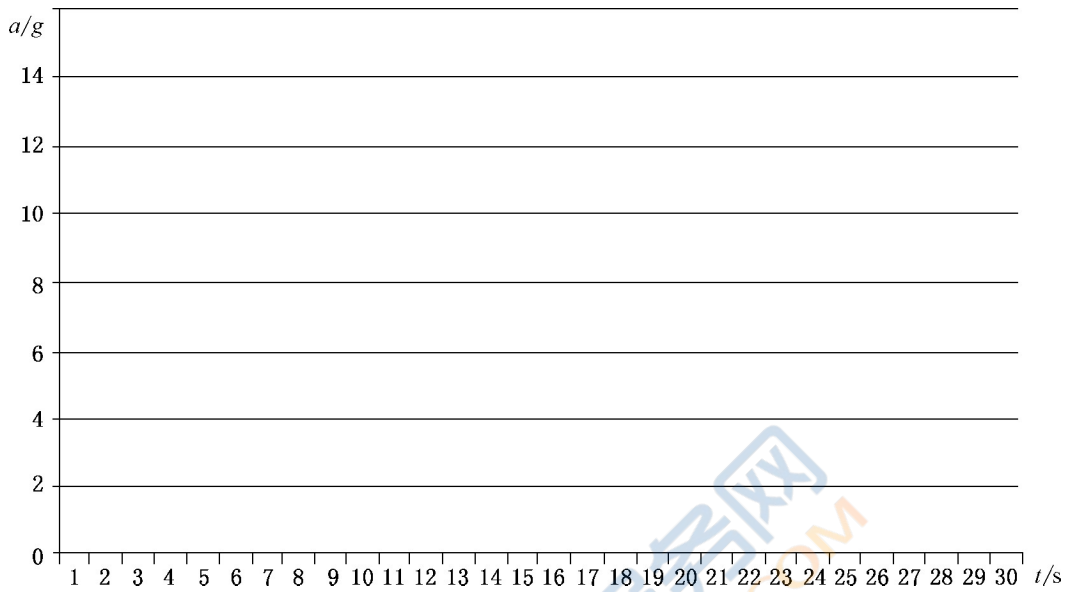
3. 加速度稳定度

参数	$a / (\text{m/s}^2)$					$\bar{a} / (\text{m/s}^2)$	$s_{ai}$
	1	2	...	9	10		
转速上限点							
转速下限点							

五、切向加速度比平均值

参数		$t_i / \text{s}$						$R_0 / \text{m}$	$\bar{n}_i / (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	$a_i / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	$\beta_{ai}$	
		1		2		3						$\bar{t}_i$
		上升	下降	上升	下降	上升	下降					
转 速 点	1											
	2											
	3											
	4											
	5											

六、切向加速度比瞬时值



七、加速度梯度

安装计算半径 m	最小半径 m	最大半径 m	加速度梯度 %
转速下限点			

八、导电滑环

1. 绝缘电阻：

环与环：

不合格最小值： MΩ；

合格最小值： MΩ；

环与壳体：

不合格最小值： MΩ；

合格最小值： MΩ。

2. 接触电阻

通道	1	2	3	4	5	...	...	n-2	n-1	n
静态/Ω										

3. 接触电阻动态变化量

通道	1	2	3	4	5	...	...	$n-2$	$n-1$	$n$
最低转速										
...										
...										
...										
最高转速										
动态变化量/ $\Omega$										

九、最大辐射噪声

声压级 (A 计权):        dB。

十、台面 (或转臂) 半径/m:  $R_{\min}$ :        ;  $R_{\max}$ :        。

