



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 972—2002

离心式恒加速度试验机

Constant Acceleration Centrifugal Test Machines

2002 - 11 - 04 发布

2003 - 02 - 04 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

离心式恒加速度试验机 检 定 规 程

JJG 972—2002

Verification Regulation of Constant
Acceleration Centrifugal Test Machines

本检定规程经国家质量监督检验检疫总局 2002 年 11 月 04 日批准，并
自 2003 年 02 月 04 日起施行。

归 口 单 位：全国振动冲击转速计量技术委员会

起 草 单 位：陕西省计量测试研究所

中国计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

本规程由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）

徐 殷（中国计量科学研究院）

黄 洪（上海市计量测试技术研究院）

参加起草人：

第五兴乐（陕西省计量测试研究所）

王 啸（陕西省计量测试研究所）

肖 飞（上海市计量测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
3.1 检定用负载	(1)
3.2 安装计算半径	(1)
3.3 恒加速度	(1)
3.4 主轴回转速度(转速)设定值	(1)
3.5 切线加速度比	(2)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(2)
5.1 安装计算半径示值误差	(2)
5.2 回转速度示值误差	(2)
5.3 回转速度稳定度	(2)
5.4 加速度示值误差	(2)
5.5 切线加速度比	(2)
5.6 集流环接触电阻	(3)
5.7 辐射噪声最大声压级(A计权)	(3)
5.8 其他	(3)
6 通用技术条件	(3)
6.1 外观及附件	(3)
6.2 安全与防护	(3)
6.3 离心机工作环境	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目及检定方法	(3)
7.3 检定结果的处理	(6)
7.4 检定周期	(6)
附录 A 检定证书内页格式	(7)
附录 B 检定结果通知书内页格式	(8)
附录 C 离心机检定记录(推荐)	(9)

离心式恒加速度试验机检定规程

1 范围

本规程适用于小于 100000m/s^2 用于环境试验的离心式恒加速度试验机（以下简称离心机）的首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

GB/T 2422—1995 电工电子产品环境试验

GB 2423.15—1995 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 5170.16—1985 电工电子产品环境试验设备基本参数检定方法

恒加速度试验用离心式试验机

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 检定用负载

用于检定的负载其外形应对称，质量等于最大载荷规定值。

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准有松动现象。

3.2 安装计算半径

离心机台面（或转臂）安装的试验负载（包括检定用负载）中心位置到回转中心距离。

应使安装计算半径等于离心机规定的标称半径。

3.3 恒加速度

离心机稳定旋转时，作用于安装台面（或转臂）上载荷的向心加速度称为恒加速度（以下简称加速度）。

加速度用间接法测定，即根据实测的安装计算半径及主轴回转速度，按以下公式计算加速度值：

$$\begin{aligned} a_0 &= \omega^2 R_0 \\ &\approx 0.010966 n_0^2 R_0 \end{aligned} \quad (1)$$

式中： a_0 ——恒加速度， m/s^2 ；

R_0 ——安装计算半径， m ；

n_0 ——主轴回转速度， r/min 。

3.4 主轴回转速度（转速）设定值

满足被试载荷试验条件设置的离心机回转速度称为主轴回转速度设定值。

主轴回转速度设定值依据加速度规定值及安装计算半径,按以下公式计算:

$$\begin{aligned} n'_0 &= \frac{60}{2\pi} \sqrt{\frac{a'_0}{R_0}} \\ &\approx 9.549 \sqrt{\frac{a'_0}{R_0}} \end{aligned} \quad (2)$$

式中: a'_0 ——加速度规定值, m/s^2 ;

n'_0 ——主轴回转速度设定值, r/min 。

3.5 切线加速度比

离心机台面(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称为切向加速度。

切线加速度可由下式计算:

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

式中: a_T ——切线加速度, m/s^2 ;

n_2 、 n_1 ——主轴回转速度终值、初值, r/min ;

t ——主轴回转速度由初值到终值的时间, s 。

载荷中心切线加速度 a_T 和恒加速度 a_0 的比值为切线加速度比 β , 即:

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{a_T}{a_0} \times 100\% \\ &\approx 0.1047 \frac{(n_2 - n_1) R_0}{t a_0} \times 100\% \end{aligned} \quad (4)$$

当 t 为 $n_1 = 0$ 到 $n_2 = n_0$ 的时间时, β_a 为切线加速度比平均值, 即:

$$\beta_a \approx 0.1047 \frac{n_0 R_0}{t a_0} \times 100\% \quad (5)$$

当 $t = 1\text{s}$ 时, β_t 为切线加速度比瞬时值, 即:

$$\beta_t \approx 0.1047 \frac{(n_2 - n_1) R_0}{a_0} \times 100\% \quad (6)$$

4 概述

离心机是产生恒加速度的一种装置,它通常由台体、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、转臂式两种类型。

5 计量性能要求

5.1 安装计算半径示值误差:不超过 $\pm 1\%$ 。

5.2 回转速度示值误差:不超过 $\pm 2.5\%$ 。

5.3 回转速度稳定度:不超过 2.5% 。

5.4 加速度示值误差:不超过 $\pm 10\%$ 。

5.5 切线加速度比

切线加速度比平均值不超过 $\pm 5\%$ ，或切线加速度比瞬时值不超过 $\pm 10\%$ 。

5.6 集流环接触电阻

静态集流环接触电阻 $\leq 1.0\Omega$ ；动态集流环接触电阻 $\leq 10\Omega$ 。

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

5.8 其他

离心机必须标明额定回转半径的名义尺寸（转盘式离心机必须标明转盘同心圆半径，转臂式离心机必须标明转臂臂长）。制造厂应给出离心机其他技术指标，如额定载荷、恒加速度范围、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 离心机应有铭牌，标明型号、规格、制造厂、制造计量器具许可证标志及编号、出厂编号和日期等。附件与离心机应有统一编号。

6.1.2 离心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 离心机控制、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

离心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 离心机工作环境

6.3.1 温度：(10~40)℃，湿度：(30~85)%RH；

6.3.2 电压变化范围：额定电压的 10%。

6.3.3 离心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

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 环境条件

同 6.3 离心机工作环境。

7.1.2 检定用仪器设备

1) 游标卡尺：测量误差 $\pm 0.02\text{mm}$ ；

钢卷尺：测量误差 $\pm 0.2\%$ ；

2) 转速表或转速测量仪：不低于 0.5 级；

3) 秒表：分度值 0.01s；

4) 声级计：II 型（A 计权）；

5) 欧姆表：测量误差 $\pm 0.1\%$ 。

7.2 检定项目及检定方法

首次检定、后续检定和使用中检验的检定项目见表 1。

表 1

序号	检定项目		首次检定	后续检定	使用中检验
1	外观、安全防护检查		+	+	-
2	安装计算半径		+	+	-
3	回转速度示值误差		+	+	+
4	回转速度稳定度		+	+	+
5	加速度示值误差		+	+	+
6	切线加 速度比	平均值	+	+	-
		瞬时值	+	-	-
7	集流环接触电阻		+	+	-
8	辐射噪声		+	-	-
9	其他技术指标*		+	-	-

注：1) 带“+”为必检项目，“-”为可不检项目。

2) 带“*”项目包括额定载荷、恒加速度范围、额定转速范围和连续工作时间。

7.2.1 离心机外观、安全与防护和工作环境的检查

按本规程 6.1、6.2 和 6.3 条要求，对离心机外观、安全与防护和工作环境条件进行检查，检查结果应符合第 6.1、6.2 和 6.3 条的各项规定。

7.2.2 安装计算半径的检定

用游标卡尺或钢卷尺测量离心机台面（或转臂）安装计算半径，应使安装计算半径 R_0 的测量结果符合第 5.1 条规定。

7.2.3 回转速度示值的检定

离心机空载，在规定的转速范围内均匀选取 5 个转速设定值（含上限和下限转速值），各进行 3 次测量，记录离心机转速示值和检定用转速表（或转速测量仪）的示值，回转速度示值误差按式（7）计算：

$$\delta_{ni} = \frac{n_{0i} - n_i}{n_i} \times 100\% \quad (7)$$

式中： δ_{ni} ——离心机在第 i 转速点回转速度示值误差；

n_i ——第 i 转速点转速表（或转速测量仪）测量示值，r/min；

n_{0i} ——第 i 转速点离心机的显示值，r/min。

在诸 δ_{ni} 中选取最大者作为回转速度示值误差 δ_n 检定结果，应符合第 5.2 条规定。

7.2.4 回转速度稳定度的检定

离心机空载，在规定的转速范围上限值及下限值上分别进行测量：观测 10min，每 2min 测量 1 次，记录检定用转速表（或转速测量仪）的示值。回转速度稳定度按式（8）计算：

$$S_n = \frac{|n_{ij} - \bar{n}_i|}{\bar{n}_i} \times 100\% \quad (8)$$

式中： S_n ——回转速度稳定度；

n_{ij} ——在转速范围上限值 $i=1$ 及下限值 $i=2$ ，转速表（或转速测量仪）对离心机回转速度的各次测量值（ $j=1, 2, \dots, 5$ ），r/min；

$\bar{n}_i$ ——分别为在回转速度范围上限值及下限值时，转速表（或转速测量仪）5次测量回转速度的平均值，r/min。

选取在转速上限值和转速下限值测得的较大者作为回转速度稳定度 S_n 检定结果，应符合第 5.3 条规定。

7.2.5 加速度示值的检定

将检定用负载安装在离心机台面或转臂上，测量检定负载的安装计算半径 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，记录离心机回转速度示值和检定用转速表（或转速测量仪）的测量示值，按式（9）计算加速度示值误差：

$$\delta_{ai} = \frac{a_{0i} - a_i}{a_i} \times 100\% \quad (9)$$

$$a_i \approx 0.010966 (\bar{n}_i)^2 R_0$$

$$a_{0i} \approx 0.010966 (\bar{n}_{0i})^2 R_0$$

式中： δ_{ai} ——离心机在第 i 转速点加速度示值误差；

a_i ——在第 i 转速点加速度测量值， m/s^2 ；

a_{0i} ——在第 i 转速点加速度显示值， m/s^2 ；

$\bar{n}_i$ ——在第 i 转速点回转速度 3 次测量平均值，r/min；

$\bar{n}_{0i}$ ——在第 i 转速点回转速度离心机 3 次显示平均值，r/min。

在诸 δ_{ai} 中选取最大者作为加速度示值误差 δ_a 检定结果，应符合第 5.4 条规定。

7.2.6 切线加速度比的检定

7.2.6.1 切线加速度比平均值

将检定用负载安装在离心机台面或转臂上，测量检定负载的安装计算半径 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），用秒表分别测量主轴回转速度由零升至设定值和由设定值降至零的时间，每个转速设定点测量 3 次。切线加速度比平均值按式（10）计算：

$$\beta_{ai} = 0.1047 \frac{\bar{n}_i R_0}{t_i a_i} \times 100\% \quad (10)$$

式中： β_{ai} ——离心机在第 i 转速点切线加速度比平均值；

t_i ——分别在第 i 转速点主轴转速由零升至设定值和由设定值降至零的时间 3 次测量平均值，s。

在诸 β_{ai} 中选取最大者作为切线加速度比平均值 β_a 检定结果，应符合第 5.5 条规定。当切线加速度比平均值 β_a 大于 5% 时，应考虑用瞬时值法进一步检定切线加速度

比瞬时值 β_i 。

7.2.6.2 切线加速度比瞬时值

按规定将测速标记可靠地固定在离心机转台（或转臂）有固定速比的部件上，用非接触式转速测量仪对准测速标记，转速测量仪输出接信号记录仪。

同 7.2.6.1 安装检定用负载和测量其安装计算半径 R_0 。

主轴回转速度由零升至设定值，再由设定值降至零，信号记录仪连续记录转速信号，在记录曲线中求得时间间隔 Δt 为 3s 的主轴回转速度变化最大值，切线加速度比瞬时值 β_i 参考公式（6）计算。

切线加速度比瞬时值 β_i 应符合第 5.5 条规定。

7.2.7 集流环接触电阻的检定

1) 离心机静态集流环接触电阻

离心机静止时用欧姆表测量常用的集流环接触电阻值；对每一环路测量 3 次，取平均值作为检定结果。检定结果应满足第 5.6 条规定。

2) 离心机动态集流环接触电阻

离心机空载时，主轴回转速度调至转速范围上限值，用欧姆表测量常用的集流环接触电阻值；对每一环路测量 3 次，取平均值作为检定结果。检定结果应满足第 5.6 条规定。

7.2.8 辐射噪声的检定

离心机空载时，主轴回转速度逐渐调至转速范围上限值，在距台体边缘 1m、离地面 1.5m 处用声级计测量并记录最大声压级（A 计权）。结果应符合第 5.7 条规定。当噪声过大时，应采取相应降噪措施。

7.2.9 额定载荷、恒加速度范围、额定转速范围和连续工作时间的检定

离心机在定型鉴定、样机试验等必要情况下，应进行额定载荷、恒加速度范围、额定转速范围和连续工作时间的检定。

将额定载荷安装在离心机台面或转臂上，主轴回转速度调至转速范围上限值，在规定的连续工作时间内，离心机应能正常工作，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离心机，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离心机，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

离心机的检定周期一般为 1 年，对使用频繁的离心机可根据具体情况适当缩短检定周期。

附录 A

检定证书内页格式

序号	检定项目		规程要求	实测结果	结论
1	外观、安全防护检查				
2	安装计算半径 R_0/m				
3	回转速度示值误差 $\delta_n/\%$				
4	回转速度稳定度 $S_n/\%$				
5	加速度示值误差 $\delta_a/\%$				
6	切线加 速度比	平均值 $\beta_a/\%$			
		瞬时值 $\beta_i/\%$			
7	集流环电阻/ Ω	静态			
		动态			
8	辐射噪声 (A 计权) /dB				
9	连续工作时间/h				
10	额定载荷/kg				
11	额定加速度/ ($m \cdot s^{-2}$)				
12	额定回转速度范围 $n/ (r \cdot min^{-1})$				
13	台面 (或转臂) 半径/m	R_{max}			
		R_{min}			

附录 B

检定结果通知书内页格式

序号	离心机不合格项目	规程要求	实测结果	结论
1				
2				
3				
4				

附录 C

离心机检定记录 (推荐)

一、安装计算半径

安装位置	R_{01}	R_{02}	R_{03}	R_{04}
标称值/m				
测量值/m				
误差 δ_R				

二、回转速度 (离心机空载)

参数			$n/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$				δ_{n_i}
			1	2	3	$\bar{n}$	
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					

三、回转速度稳定度 (离心机空载)

参数	$n/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$					$\bar{n}/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	S_{st}
	1	2	3	4	5		
转速上限点							
转速下限点							

四、加速度（离心机负载）

参数			$n_i / (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$			$\bar{n}_i / (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	R_0 / m	$a_i / (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	δ_{ai}
			1	2	3				
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							

五、切线加速度比平均值

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

六、加速度梯度

最大回转半径 $R_{\max}$: _____ m;最小回转半径 $R_{\min}$: _____ m;安装计算半径 R_0 : _____ m。

七、集流环接触电阻

通道	1	2	3	4	5	6	7	8
静态/ Ω								
动态/ Ω								

八、最大噪声

声压级 (A 计权): _____ dB。