

车轮动平衡机校准规范

**Calibration Specification
for Wheel Dynamic Balancers**

JJF 1151—2006

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2006 年 5 月 23 日批准，并自 2006 年 8 月 23 日起施行。

归口单位：全国振动冲击转速计量技术委员会

主要起草单位：河北省交通勘测设计研究院

北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：北京科基汽车维修设备有限公司

本规范由全国振动冲击转速计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

赵宝琳 （河北省交通勘测设计研究院）

单凯锋 （北京市计量检测科学研究院）

李 平 （河北省交通勘测设计研究院）

王保平 （河北省交通勘测设计研究院）

参加起草人：

任跃宇 （河北省交通厅科技处）

朱晓鹰 （北京科基汽车维修设备有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 主轴轴向定位盘端面圆跳动	(2)
5.2 主轴径向圆跳动	(2)
5.3 专用卡规允许误差	(2)
5.4 最小可达剩余不平衡量	(2)
5.5 分离比	(2)
5.6 重复装卡误差	(2)
5.7 重复性误差	(2)
5.8 相位允许误差	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 标准器及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 主轴轴向定位盘端面圆跳动的校准	(3)
7.2 主轴径向圆跳动的校准	(3)
7.3 专用卡规的校准	(3)
7.4 轮距尺的校准	(3)
7.5 最小可达剩余不平衡量 e_{mer} 的校准	(3)
7.6 分离比的校准	(4)
7.7 重复装卡误差的校准	(5)
7.8 重复性误差的校准	(5)
7.9 相位误差的校准	(5)
8 校准结果表达	(5)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 校验转子	(6)
附录 B 试重	(7)
附录 C 校准证书(校准报告)内容	(8)
附录 D 车轮动平衡机测量不确定度的评定	(9)
附录 E 校准记录的格式	(11)

车轮动平衡机校准规范

1 范围

本规范适用于离车式硬支承车轮动平衡机（以下简称平衡机）的校准。

2 引用文献

ZBN 73001—1988 卧式硬支承平衡机

GB 4201 —1984 通用卧式平衡机校验

GB 6444—1995 机械振动 平衡词汇

GB 9239—1988 刚性转子平衡品质许用不平衡量的确定

JBN 73004—1989 闪光动平衡机技术条件

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语

3.1 分离比——是指给定转子两校正平面 A 和 B 的干扰比。 I_{AB} 和 I_{BA} 定义如下：

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{U_{BB}} \times 100\% \quad (1)$$

$$I_{BA} = \frac{U_{BA}}{U_{AA}} \times 100\% \quad (2)$$

式中： U_{AB} 、 U_{BB} ——分别表示在校正平面 B 上加上规定的的不平衡量后，A、B 面的不平衡量指示值；

U_{BA} 、 U_{AA} ——分别表示在校正平面 A 上加上规定的的不平衡量后，B、A 面的不平衡量指示值；

I_{AB} ——B 面对 A 面的分离比；

I_{BA} ——A 面对 B 面的分离比。

3.2 最小可达剩余不平衡量 (e_{max})——平衡机能使转子达到的不平衡量的最小值。是衡量平衡机最高平衡能力的性能指标。计量单位为 $\text{g} \cdot \text{mm}/\text{kg}$ 。

3.3 许用剩余不平衡质量 (m_e)——校验转子每校正平面试验圆周上许用的剩余不平衡量，计量单位为 g 。

4 概述

平衡机的工作原理是依据旋转刚体动平衡理论来实现的，一般是由机电转换系统将

不平衡量转换为电信号，通过电测系统的测量与计算，由仪表显示不平衡量。它可对车轮动不平衡量进行检测。其原理示意图如下：

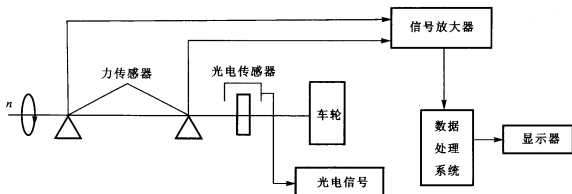


图1 平衡机原理示意图

5 计量特性

5.1 主轴轴向定位盘端面圆跳动

优于0.05mm。

5.2 主轴径向圆跳动

优于0.05mm。

5.3 专用卡规允许误差

$\pm 0.5\text{mm}$ 。

5.4 最小可达剩余不平衡量

$e_{\text{mar}} \leq 200\text{g} \cdot \text{mm}/\text{kg}$ 。

5.5 分离比

不小于1:8。

5.6 重复装卡误差

不大于 $1.5e_{\text{mar}}$ 。

5.7 重复性误差

不大于 $0.3e_{\text{mar}}$ 。

5.8 相位允许误差

$\pm 15^\circ$ 。

注：上述技术指标仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度： $0^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 湿度： $\leq 85\% \text{RH}$ 。

6.1.3 电源电压波动量不应超过额定值的 $\pm 10\%$ 。

6.1.4 校准现场周围应无强烈的振动源和干扰。

6.2 标准器及其他设备

6.2.1 II₀天平一架，称量范围 0.2kg。

6.2.2 砝码：M3 级克组。

6.2.3 带磁力表座的百分表，量程（0~10）mm；分度值 0.01mm，准确度 1 级。

6.2.4 500mm 钢直尺一把，准确度等级：I 级。

6.2.5 校验转子（见附录 A）。

6.2.6 试重（见附录 B）。

7 校准项目和校准方法

7.1 主轴轴向定位盘端面圆跳动的校准

安装好百分表，使百分表触头与主轴轴向定位盘端面接触，且离该端面边缘 5mm 左右，调整好百分表指针，用手转动主轴一周，记录百分表示值变动量（最大值 - 最小值）。

7.2 主轴径向圆跳动的校准

安装好百分表，使百分表触头与主轴接触，调整好百分表指针，用手转动主轴一周，记录百分表示值变动量。

7.3 专用卡规的校准

用钢直尺对专用卡规 50.8mm、152.4mm、254mm 三点进行校准，记录其结果与专用卡规长度之差值。

7.4 轮距尺的校准

在轮距尺满量程范围内选择三点作为校准点，用钢直尺对该三点进行校准，记录其结果与轮距尺示值之差值。

7.5 最小可达剩余不平衡量 e_{mar} 的校准

7.5.1 选定一个质量小于平衡机允许平衡最大质量三分之一的校验转子。

7.5.2 m_e 值的确定

由公式（3）计算 m_e 值：

$$m_e = \frac{M \times e_{\text{mar}}}{2R} \quad (3)$$

式中： M ——校验转子质量，kg；

R ——校验转子校准半径，mm。

m_e 值计算举例:

选定转子质量 $M=20\text{kg}$, 转子半径 $R=356/2\text{mm}$

则:

$$m_e = \frac{20 \times 200}{356} = 11.2 \text{ (g)}$$

7.5.3 选择适合于转子中心孔径大小的锥套, 将转子夹紧于车轮动平衡机主轴上。按平衡机使用说明书要求调整好平衡机, 并将校验转子平衡至 $1.0m_e$ 以下。

7.5.4 在校验转子任意两个非校正平面上同时分别加上相当于校正平面上 $10m_e$ 的试重, 两试重的相对位置不允许同相或反相。

7.5.5 按平衡机规定的操作程序在两校正平面上, 根据平衡机读数进行不超过 4 次的启动平衡 (允许现场称试重) 至 $1.0m_e$ 以下, 并做好记录。如果有一、二点超出, 允许调整平衡机后, 重做 4 次平衡。如 4 次平衡后达不到 $1.0m_e$ 以下, 记录 $e_{\max}$ 值, 且校准结束。

7.5.6 用两个相当于 $10m_e$ 的试重依次同相地分别加在 AB 校正平面轴向的螺孔内, 位置是 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ, 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ$ 顺序任意, 启动平衡机并记录相应读数 X_i 。

7.5.7 X_i 的算术平均值 $\bar{X}$ 和 X_0 分别按公式 (4) 及公式 (5) 进行

$$\bar{X} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} X_i \quad (4)$$

$$X_0 = \frac{1}{10} \bar{X} \quad (5)$$

式中: X_i ——12 点中第 i 点的读数值;

$\bar{X}$ ——12 点读数的算术平均值;

X_0 ——相当于在某校正平面加上 $1m_e$ 的试重时平衡机相应的读数值。

7.5.8 X_i 的读数要符合公式 (6) 的要求。

$$8.8m_e \leq X_i \leq 11.2m_e \quad (6)$$

如若不符合, 则按公式 (7) 计算修正值。

$$\Delta X_i = X_i - X_0 \quad (7)$$

式中: ΔX_i ——12 点中第 i 点的修正值;

X_0 ——试重砝码标称值。

7.6 分离比的校准

7.6.1 启动平衡机, 将校验转子平衡到剩余不平衡量 $1.0m_e$ 以下。

7.6.2 将一个相当于 $10m_e$ 试重, 每间隔 90° 依次置于校验转子 B 校正平面轴向螺孔

内,分别做一次启动平衡测量,记录相应读数,并按公式(1)计算 I_{AB} 。

7.6.3 将同一试重置于校验转子A校正平面内,重复上一步骤,记下相应数据并按公式(2)计算 I_{BA} 。

7.6.4 记录校验转子A、B校正平面各点的分离比。

7.7 重复装卡误差的校准

7.7.1 启动平衡机,将校验转子平衡到剩余不平衡量 $1.0m_e$ 以下,记录平衡机读数。

7.7.2 将校验转子相对平衡机主轴转动一角度,重新装卡,再次启动,记录平衡机读数及两次平衡机读数之差。

7.8 重复性误差的校准

7.8.1 启动平衡机,将校验转子平衡到剩余不平衡量 $1.0m_e$ 以下。

7.8.2 将一个相当于 $10m_e$ 的试重分别置于校验转子A(B)校正平面任一螺孔内,每一校正平面重复启动4次。分别记录平衡机读数及每一校正平面4次读数的最大值与最小值之差。

7.9 相位误差的校准

7.9.1 启动平衡机,将校验转子平衡到剩余不平衡量 $1.0m_e$ 以下。

7.9.2 将一个相当于 $10m_e$ 的试重置于校验转子A校正平面上已知相位的螺孔内,启动平衡机,记录相位读数。再将同一试重间隔 90° 置于另一已知相位螺孔内,记录相位读数。重复3次。

7.9.3 将一个相当于 $10m_e$ 的试重置于校验转子B校正平面上重复7.9.2的校准步骤。

7.9.4 记录校验转子A、B校正平面各点读数相位值与理论相位值之差。

注:当试重相位值 $<180^\circ$ 时,理论相位值=试重相位值 $+180^\circ$,

当试重相位值 $\geq 180^\circ$ 时,理论相位值=试重相位值 -180° 。

8 校准结果表达

经校准的平衡机颁发校准证书或校准报告,内容见附录C。

9 复校时间间隔

平衡机复校时间间隔由使用者自定,建议不超过1年。

附录 A

校验转子

A.1 校验转子形状如图 A1 所示，其规格尺寸见表 A1。

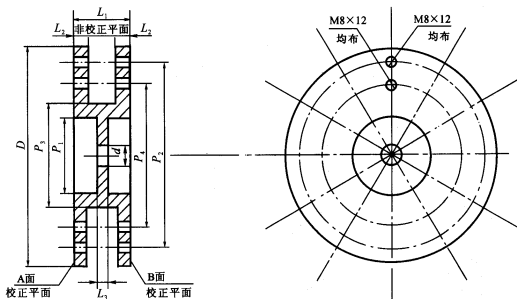


图 A1 校验转子形状示意图

表 A1 校验转子参考尺寸

参数 序号	M/kg	d/mm	D/mm	P ₁ /mm	P ₂ /mm	P ₃ /mm	P ₄ /mm	L ₁ /mm	L ₂ /mm	L ₃ /mm
1	10	80	280	160	254	180	203	114	8	8
2	20	80	380	260	356	280	300	165	8	8
3	30	80	460	356	432	376	406	165	10	10
4	40	80	462	356	432	376	406	178	15	15

A.2 校验转子材料应为普通碳钢。

A.3 对校验转子的要求：

A.3.1 平衡品质等级不低于 G16；

A.3.2 每个校正平面上零度基准应在同一角度方向上（在通过转子轴线的同一平面上）；

A.3.3 角度位置偏差小于 1°。

附录 B

试 重

- B.1 试重的形状应是螺钉螺栓等形状，并应标明质心位置。
- B.2 试重的质量允许误差为 $\pm 0.5\%$ 。
- B.3 试重的规格与数量如表 B1。
- B.4 试重如果不够，可以用螺钉和橡皮泥替代。但替代试重必须用天平称量。

表 B1 试重规格与数量

质量/g	5	10	20	30	40	50	60	80	100	120
数量	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2

附录 C

校准证书（校准报告）内容

校准证书或校准报告应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的惟一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 校准的日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其不确定度的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经校准单位书面批准，不准部分复制证书或报告的声明。

附录 D

车轮动平衡机测量不确定度的评定

因车轮动平衡机的转速远远低于其自振频率（以科基产品为例，转速在 150n），故可用静力学的方法来进行力的分析。

D.1 数学模型

被检车轮动平衡机不平衡量示值修正值的计算公式：

$$\Delta e_m = m_s - m_b$$

式中： Δe_m ——被检车轮动平衡机不平衡量示值修正值；

m_s ——试重（砝码标称值）；

m_b ——被检车轮动平衡机不平衡量示值。

D.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta e_m}{\partial m_s} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta e_m}{\partial m_b} = -1$$

D.3 标准不确定度评定

D.3.1 标准不确定度 $u(m_s)$ 的评定

试重砝码标称值引入的标准不确定度 $u(m_s)$

试重砝码在使用中按标称值使用，标称值以 g 为单位，其所引起的极限误差为 0.5g，分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，所以其引入的标准不确定度 $u(m_s) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} =$

0.29 (g)。属 B 类标准不确定度。

D.3.2 标准不确定度 $u(m_b)$ 的评定

a) 被检车轮动平衡机不平衡量示值引入的标准不确定度 $u(m_{bl})$

被检车轮动平衡机不平衡量的示值分度值为 5g（取最大的一种分度为例进行分析，下同），其所引起的极限误差为 2.5g，分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，所以其引入的标准不确定度 $u(m_{bl}) = \frac{2.5}{\sqrt{3}} = 1.44$ (g)。属 B 类标准不确定度。

b) 被检车轮动平衡机不平衡量示值重复性引入的标准不确定度 $u(m_{l2})$

用一试重为 117g 的砝码，选一不平衡量分度值为 5g 的车轮动平衡机做 10 次动平衡测试，车轮动平衡机的不平衡质量示值显示如下：115g, 115g, 115g, 115g, 115g,

115g, 120g, 115g, 115g, 115g。其平均值 $\bar{X} = 115.5\text{g}$, 试验标准差 $s(m_{12}) = 1.58\text{g}$ 。

$u(m_{12}) = s(m_{12}) = 1.58\text{g}$ 。属 A 类标准不确定度。

其自由度 $\nu(m_{12}) = 10 - 1 = 9$ 。

$u(m_{b1})$ 和 $u(m_{12})$ 是互不相干的, 所以

$$u(m_b) = \sqrt{u^2(m_{b1}) + u^2(m_{12})} = \sqrt{1.44^2 + 1.58^2} = 2.14(\text{g})。$$

D.4 合成标准不确定度

D.4.1 标准不确定度汇总

i	X_i	a_i	k_i	$u(X_i)$	$ c_i $	$u_i(y)$
1	试重砝码标称值引入的 $u(m_s)$	0.5g	$\sqrt{3}$	0.29g	1	0.29g
2	m_b 引入的 $u(m_b)$				-1	2.14g
2.1	被检车轮动平衡机不平衡量示值引入的 $u(m_{b1})$	5g	$\sqrt{3}$	1.44g		
2.2	被检车轮动平衡机不平衡量示值重复性引入的 $u(m_{12})$	1.58g		1.58g		

表中: i ——误差或不确定度来源的序号;

X_i ——第 i 个自变量或输入估计值;

a_i —— X_i 的误差分散区间半宽、极限误差或扩展不确定度;

k_i ——覆盖因子;

$u(X_i) = a_i/k_i$ ——输入 B 类标准不确定度; 若用统计方法获得时, 称为 A 类标准不确定度;

$|c_i|$ ——灵敏系数;

$u_i(y) = |c_i| u(X_i)$ ——输出标准不确定度分量。

D.4.2 合成标准不确定度计算

上述所分析的各项标准不确定度分量均不相关, 所以其合成标准不确定度为

$$u_c(\Delta m_e) = \sqrt{u^2(m_s) + u^2(m_b)} = \sqrt{0.29^2 + 2.14^2} = 2.16(\text{g})$$

D.5 扩展不确定度

按置信水平 $p = 0.95$, 取 $k = 2.06$ 。因此扩展不确定度 $U = k \times u_c(\Delta m_e) = 2 \times 2.16 = 4.32(\text{g})$ 。

根据以上测量不确定度的评定, 最小允许不平衡量 11.2g (以 356mm 直径, 20kg 质量的校准转子为例) 的车轮动平衡机不平衡量修正值的扩展不确定度为 4.32g, 取其数值为 4.3g。

附录 E

校准记录的格式

送校单位		型号规格		出厂编号		出厂日期								
生产厂		校准日期		校准温度		校准湿度								
转子质量		转子宽度		校验半径		m_e								
主轴轴向定位盘端面圆跳动				主轴径向圆跳动										
专用卡规 允许误差	50.8mm	152.4mm	254mm											
4 次平衡	A			B										
	试重		读数		试重		读数							
最小可达 剩余 不平衡量	试重位置	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	
	A 校正面示值													
	B 校正面示值													
	(A) $X =$		$X_0 =$		$8.8X_0 =$		$11.2X_0 =$							
	(B) $X =$		$X_0 =$		$8.8X_0 =$		$11.2X_0 =$							
分离比	A 对 B	相位	0°	90°	180°	270°	B 对 A	相位	0°	90°	180°	270°	分离比 最大值	
		读数	A						B					
		B						A						
重复性、 重复装 卡误差	首次 装卡	次数	1	2	3	4	误差	重 复 装 卡	次数		1	2	误差	
		A								A				
		B								B				
相位允差	相位/次数		1		2		3		4					
	已知相位角													
	读数相位角													
	相位误差													

校准:

审核:

签发: