

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2045—2023

机动车发动机转速测量仪 校准装置校准规范

Calibration Specification
for Calibrators of Motor Vehicle Engine Speed Measuring Instruments

2023-06-30 发布

2023-12-30 实施

国家市场监督管理总局 发布

学兔兔 www.bzfxw.com 标准下载

机动车发动机转速测量仪

校准装置校准规范

Calibration Specification for Calibrators of

Motor Vehicle Engine Speed Measuring Instruments

JJF 2045—2023

归口单位：全国法制计量管理计量技术委员会机动车检验检测分技术委员会

主要起草单位：山东省计量科学研究院

甘肃省计量研究院

参加起草单位：吉林省计量科学研究院

浙江省计量科学研究院

河北正岭科技有限公司

本规范委托全国法制计量管理计量技术委员会机动车检验检测分技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

马 晓（山东省计量科学研究院）

孙 勇（山东省计量科学研究院）

高德成（甘肃省计量研究院）

参加起草人：

王 兰（吉林省计量科学研究院）

赵存彬（浙江省计量科学研究院）

刘 伟（山东省计量科学研究院）

张建锋（河北正岭科技有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 测量范围	(2)
5.2 转速示值误差	(2)
5.3 转速示值稳定性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 测量范围及转速示值误差	(3)
7.2 转速示值稳定性	(5)
8 校准结果的表达	(5)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 信号频率与发动机转速参考对应关系	(6)
附录 B 校准证书内容	(7)
附录 C 机动车发动机转速测量仪校准装置校准记录格式	(8)
附录 D 转速仪校准装置转速示值误差测量结果不确定度评定示例	(9)

引 言

本规范以 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行制定。

本规范主要参考了 JJG 602—2014《低频信号发生器》、JJG 298—2015《标准振动台》、JJG 277—2017《标准声源》，并部分参考了 JJF 1375《机动车发动机转速测量仪校准规范》的技术要求编制而成。

本规范为首次发布。



机动车发动机转速测量仪 校准装置校准规范

1 范围

本规范适用于能够模拟发动机转速相关信号的机动车发动机转速测量仪校准装置（以下简称转速仪校准装置）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 277 标准声源

JJG 298 标准振动台

JJG 602 低频信号发生器

JJF 1375 机动车发动机转速测量仪校准规范

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

3 术语

JJF 1375 界定的及以下术语适用于本规范。

3.1 转速仪校准装置点火信号 ignition signal of calibrations for motor vehicle engine speed measuring instruments

转速仪校准装置产生的信号，该信号用于模拟汽车点烟器或蓄电池中与发动机点火信号相关的电压脉动信号。

3.2 转速仪校准装置充电信号 charging signal of calibrations for motor vehicle engine speed measuring instruments

转速仪校准装置产生的信号，该信号用于模拟汽车点烟器或蓄电池中与车载发电机对蓄电池充电相关的电压脉动信号。

3.3 转速仪校准装置高压点火脉冲信号 high voltage ignition pulse signal of calibrations for motor vehicle engine speed measuring instruments

转速仪校准装置产生的信号，该信号用于模拟点燃式发动机点火线圈的高压点火脉冲信号。

3.4 转速仪校准装置振动冲击信号 vibration shock signal of calibrations for motor vehicle engine speed measuring instruments

转速仪校准装置产生的信号，通常包括高压喷油振动信号、发动机缸体振动信号及发动机缸体冲击信号。高压喷油振动信号指转速仪校准装置喷油管模拟端口发出的振动信号，模拟压燃式发动机高压喷油时的振动；发动机缸体振动信号指转速仪校准装置驱动振动台发出的振动信号，模拟发动机的振动；发动机缸体冲击信号指转速仪校准装置

驱动振动台发出的冲击信号，模拟发动机缸体在点火时受到的冲击。

3.5 转速仪校准装置声信号 audio signal of calibrations for motor vehicle engine speed measuring instruments

转速仪校准装置产生的信号，该信号用于模拟发动机点火振动发出的声信号。

4 概述

转速仪校准装置是用来校准发动机转速测量仪的专用计量仪器。针对不同测量原理的发动机转速测量仪，转速仪校准装置一般安装有蓄电池正负极模拟端口、点烟器模拟端口、点火高压线圈模拟线，喷油管模拟端口，并配有振动台或振动发生器。转速仪校准装置可以产生与发动机转速相关的模拟信号，包括转速仪校准装置点火信号（简称点火信号）、转速仪校准装置充电信号（简称充电信号）、转速仪校准装置高压点火脉冲信号（简称高压点火脉冲信号）、转速仪校准装置高压喷油振动信号（简称高压喷油振动信号）、转速仪校准装置发动机缸体振动冲击信号（简称发动机缸体振动冲击信号）以及伴随发出的转速仪校准装置声信号（简称声信号）。

5 计量特性

5.1 测量范围

转速测量范围（500～6 000） r/min。

5.2 转速示值误差

5.2.1 点火信号转速示值误差不超过 $\pm 0.2\%$ 。

5.2.2 充电信号转速示值误差不超过 $\pm 0.2\%$ 。

5.2.3 高压点火脉冲信号转速示值误差不超过 $\pm 0.2\%$ 。

5.2.4 振动冲击信号转速示值误差不超过 $\pm 0.2\%$ 。

5.2.5 声信号转速示值误差不超过 $\pm 0.2\%$ 。

5.3 转速示值稳定性

转速示值稳定性不大于 0.2% 。

注：以上指标不是用于合格性判断，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度： $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度：不大于 85% 。

6.1.3 电源：额定电压 $(220\pm 22)\text{V}$ 、频率 $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。

6.1.4 周围的污染、振动、电磁干扰对校准结果无影响。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备技术指标见表1。

表 1 测量标准及其他设备技术指标

序号	设备名称	主要技术指标
1	频率计	测量范围 (0.1 Hz~1 MHz) 频率示值误差不超过 $\pm 0.01\%$
2	动态信号分析仪	频率示值误差不超过 $\pm 0.015\%$
3	加速度计套组	工作频率上限不低于 400 Hz 灵敏度幅值扩展不确定度 2% ($k=2$)
4	工作标准传声器 (含前置放大器)	工作标准传声器扩展不确定度优于 0.3 dB ($k=2$) 前置放大器频率响应不超过 ± 0.1 dB
5	数字示波器	测量范围 (0.1 Hz~1 MHz) 时间测量示值误差不超过 $\pm 0.2\%$
6	秒表	分辨力不大于 0.1 s

7 校准项目和校准方法

7.1 测量范围及转速示值误差

根据转速仪校准装置工作原理选择对应的测量标准，对转速仪校准装置测量范围及转速示值误差进行校准，如图 1 所示。

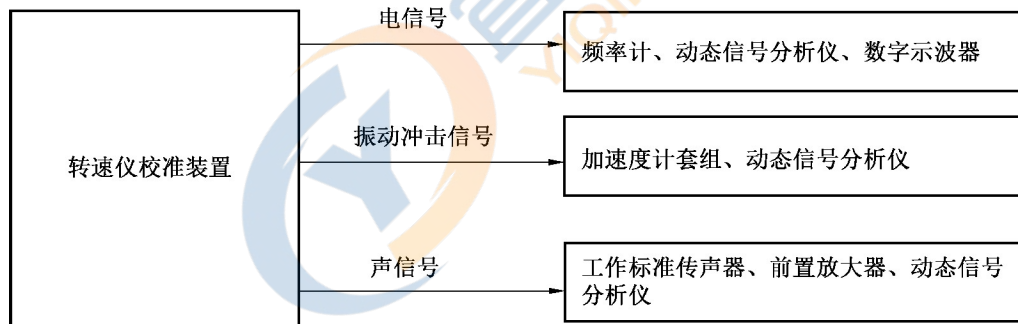


图 1 校准原理示意图

7.1.1 点火信号

7.1.1.1 转速仪校准装置通常采用蓄电池正负极模拟端口或点烟器模拟端口输出点火信号，可以选择其中一个端口对点火信号进行校准。将点火信号输出端与数字示波器、频率计或动态信号分析仪按要求连接，将转速仪校准装置设置为点火信号输出。对可以设置发动机缸数和冲程数的校准装置，优先选择四缸四冲程设置进行校准。其他参数设置下的校准可以依据被校仪器实际情况进行。

7.1.1.2 在转速仪校准装置 (500~6 000) r/min 测量范围内均匀选取校准点，一般不少于 8 个点，且包括 500 r/min、6 000 r/min 两个校准点。按照表 A.1 信号频率与发动机转速参考对应关系，计算得到各校准点对应的输出信号频率值。开始测试并依次记

录转速仪校准装置校准点转速值、频率换算值与频率实测值，按公式（1）计算各校准点频率示值误差作为转速示值误差。

$$\delta_i = \frac{f_{mi} - f_i}{f_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_i ——第 i 校准点 ($i=1, 2, \dots, n$) 转速示值误差；

f_{mi} ——第 i 校准点转速仪校准装置模拟信号频率换算值，Hz；

f_i ——第 i 校准点频率实测值，Hz。

使用数字示波器观察转速仪校准装置的输出信号，并对频率计进行相应的设置。当使用频率计无法对信号频率进行测量时，使用动态信号分析仪对信号频率进行测量。

7.1.2 充电信号

转速仪校准装置通常采用蓄电池正负极模拟端口或点烟器模拟端口输出充电信号，可以选择其中一个端口对充电信号进行校准。将转速仪校准装置的充电信号输出端与数字示波器、频率计或动态信号分析仪按要求连接，将转速仪校准装置设置为充电信号输出。对可以设置发动机缸数和冲程数的转速仪校准装置，优先选择四缸四冲程设置进行校准。

校准点的选择和校准方法同 7.1.1.2。

7.1.3 高压点火脉冲信号

将数字示波器、频率计或动态信号分析仪的采集前端靠近转速仪校准装置高压点火脉冲信号输出端，按要求连接数字示波器、频率计或动态信号分析仪，将转速仪校准装置设置为高压点火脉冲信号输出。对可以设置发动机缸数和冲程数的转速仪校准装置，优先选择四缸四冲程设置进行校准。

校准点的选择和校准方法同 7.1.1.2。

7.1.4 振动冲击信号

7.1.4.1 高压喷油振动信号

将加速度计安装在喷油管模拟端口上，加速度计套组与数字示波器、频率计或动态信号分析仪按要求连接，将转速仪校准装置设置为高压喷油振动信号输出。对可以设置发动机缸数和冲程数的转速仪校准装置，优先选择四缸四冲程设置进行校准。

校准点的选择和校准方法同 7.1.1.2。

7.1.4.2 发动机缸体振动信号

将加速度计安装在振动台中心位置，加速度计套组与数字示波器、频率计或动态信号分析仪按要求连接，将转速仪校准装置设置为振动信号输出。对可以设置发动机缸数和冲程数的转速仪校准装置，优先选择四缸四冲程设置进行校准。

校准点的选择和校准方法同 7.1.1.2。

7.1.4.3 发动机缸体冲击信号

将加速度计安装在振动台中心位置，加速度计套组与数字示波器、频率计或动态信号分析仪按要求连接，将转速仪校准装置设置为冲击信号输出。对可以设置发动机缸数和冲程数的转速仪校准装置，优先选择四缸四冲程设置进行校准。

校准点的选择和校准方法同 7.1.1.2。

7.1.5 声信号

将工作标准传声器（含前置放大器）与动态信号分析仪按要求连接，将转速仪校准装置设置为振动信号或冲击信号输出，根据需要打开音效，测量时应使声信号在参考方向入射到工作标准传声器上。对可以设置发动机缸数和冲程数的转速仪校准装置，优先选择四缸四冲程设置进行校准。

校准点的选择和校准方法同 7.1.1.2。

7.2 转速示值稳定性

在转速示值误差校准的同时，选择接近测量下限的一个校准点进行转速示值稳定性的校准。当转速仪校准装置输出信号稳定后开始记录频率实测值，之后每隔 1 min 测量一次，共测量四次。按公式（2）计算转速示值稳定性。

$$S = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{\bar{f}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

S ——转速示值稳定性；

$f_{\max}, f_{\min}$ ——四次测量值中的最大值、最小值，Hz；

$\bar{f}$ ——四次测量值的平均值，Hz。

8 校准结果的表达

转速仪校准装置经校准后出具校准证书，校准证书应包括的信息见附录 B。

9 复校时间间隔

转速仪校准装置复校时间间隔建议为 1 年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此送校单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

信号频率与发动机转速参考对应关系

转速仪校准装置模拟产生与发动机转速相关的信号，包括点火信号、充电信号、高压点火脉冲信号，高压喷油振动信号、发动机缸体振动、冲击信号以及伴随发出的声信号。在发动机实际运行过程中，真实产生的这些信号与发动机转速存在一定的对应关系。转速仪校准装置通常将此对应关系确定并固化到设备当中，以四缸四冲程发动机设置为例，列入表 A.1。其中 N 为发动机转速设定值，单位 r/min； f 为频率换算值，通过下标区分不同信号类型，单位 Hz。

表 A.1 信号频率与发动机转速参考对应关系

信号类型		信号频率与转速对应关系
点火信号		$f_d = \frac{N}{30}$
充电信号		$f_c = N \times k$ 式中： k 为充电信号频率与转速比值，由转速仪校准装置生产厂家提供
高压点火脉冲信号	单一点火线圈点火信号	$f_{dd} = \frac{N}{120}$
	四缸点火线圈点火信号	$f_{zd} = \frac{N}{30}$
高压喷油振动信号		$f_p = \frac{N}{120}$
缸体振动、冲击信号	总缸体振动信号	$f_{zz} = \frac{N}{30}$
	单一缸体冲击信号	$f_{dc} = \frac{N}{120}$
缸体振动声信号	总缸体振动声信号	$f_{zs} = \frac{N}{30}$
	单一缸体冲击声信号	$f_{ds} = \frac{N}{120}$

附录 B

校准证书内容

校准证书的内容应排列有序，格式清晰，至少应包括以下内容：

1. 标题：校准证书；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点；
4. 证书或报告编号、页码及总页数；
5. 送校单位的名称和地址；
6. 被校准装置器名称、型号规格、编号及制造厂商；
7. 校准所使用的计量标准器名称、溯源性及有效性说明；
8. 本规范的名称及编号和对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
9. 校准时的环境情况；
10. 校准项目的校准结果及校准条件；
11. 校准结果的测量不确定度；
12. 校准人签名，核验人签名，批准人签名；
13. 校准证书签发日期；
14. 复校时间间隔的建议；
15. 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书。

附录 C

机动车发动机转速测量仪校准装置校准记录格式

送校单位 信息	送校单位			联系地址			
被校仪器 信息	仪器名称			型号规格			
	制造厂商			出厂编号			
标准器 信息	标准器名称	编号	准确度（或示值误差）		证书编号	有效期	
校准信息	校准地点			校准员	核验员		
	校准日期			温度	湿度		
校 准 记 录							
信号类型	转速	频率换算值	频率实测值	示值误差	不确定度		
信号类型	转速	频率实测值					示值 稳定性
		1	2	3	4	平均值	

注：本校准记录允许根据校准单位技术管理要求，做适当修改。

附录 D

转速仪校准装置转速示值误差测量结果不确定度评定示例

D.1 点火模式

将转速仪校准装置的点火信号输出端与数字示波器、频率计按要求连接，将转速仪校准装置设置为点火信号输出。对可以设置发动机缸数和冲程数的校准装置，选择四缸四冲程设置。选择转速校准点，计算得到对应的点火信号频率换算值。当转速仪校准装置转速示值稳定后，读取频率计示值，计算转速仪校准装置转速示值误差。

D.1.1 测量模型

D.1.1.1 测量模型为：

$$\delta_i = \frac{f_{mi} - f_i}{f_i} \times 100\%$$

式中：

- δ_i ——第 i 校准点 ($i=1, 2, \dots, n$) 转速示值误差；
 f_{mi} ——第 i 校准点转速仪校准装置模拟信号频率换算值，Hz；
 f_i ——第 i 校准点频率实测值，Hz。

D.1.1.2 合成标准不确定度

由于输入量 f_{mi} 、 f_i 两者的不确定度互不相关，由不确定度传播律得到合成标准不确定度公式：

$$u_c^2(\delta_i) = c^2(f_{mi})u^2(f_{mi}) + c^2(f_i)u^2(f_i)$$

式中：

- $u(f_{mi})$ ——转速测量仪校准装置引入的标准不确定度；
 $u(f_i)$ ——频率计引入的标准不确定度。

D.1.1.3 灵敏系数

$$c(f_{mi}) = \partial(\delta_i) / \partial(f_{mi}) = 1/f_i$$

$$c(f_i) = \partial(\delta_i) / \partial(f_i) = -f_{mi}/f_i^2$$

D.1.2 不确定度分量的评定

D.1.2.1 转速仪校准装置引入的不确定度分量

转速仪校准装置的不确定度分量 $u(f_{mi})$ 由测量重复性引入。可以经过连续测量得到测量列，采用 A 类方法评定。以 3 000 r/min 校准点为例，当转速仪校准装置输出稳定在 3 000 r/min 后，等精度重复测量 10 次，测得数据：100.003 0 Hz、100.002 9 Hz、100.003 3 Hz、100.003 2 Hz、100.003 4 Hz、100.003 5 Hz、100.003 5 Hz、100.003 0 Hz、100.003 2 Hz、100.003 1 Hz，平均值为 100.003 2 Hz。按贝塞尔公式计算得到单次实验标准差：

$$s(f_{mi}) = 0.000 2 \text{ Hz}$$

实际测量时以单次结果作为测量值，其引入的不确定度分量为：

$$u(f_{mi}) = s(f_{mi}) = 0.000 2 \text{ Hz}$$

D.1.2.2 频率计引入的不确定度分量

频率计示值最大允许误差不超过 $\pm 0.01\%$ ，按均匀分布考虑，则示值误差引入的不确定度分量可表示为：

$$u(f_i) = \frac{100.003\ 2 \times 0.01\%}{\sqrt{3}} \text{ Hz} \approx 0.005\ 8 \text{ Hz}$$

D.1.3 不确定度分量一览表

表 D.1 不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	符号	数值	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u(x_i)$
1	测量结果重复性	$u(f_{mi})$	0.000 2 Hz	$1/f_i$	2×10^{-6}
2	频率计频率示值误差	$u(f_i)$	0.005 8 Hz	$-f_{mi}/f_i^2$	5.8×10^{-5}

D.1.4 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{(2 \times 10^{-6})^2 + (5.8 \times 10^{-5})^2} \approx 5.8 \times 10^{-5}$$

D.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 5.8 \times 10^{-5} \approx 1.2 \times 10^{-4}$$

D.2 振动模式

将加速度计安装在振动台中心位置，将加速度计套组与数字示波器、动态信号分析仪按要求连接。将转速仪校准装置设置为振动信号输出，对可以设置发动机缸数和冲程数的转速仪校准装置，选择四缸四冲程设置。选择转速校准点，计算得到对应的振动频率换算值。当转速仪校准装置转速示值稳定后，读取动态信号分析仪频率示值，计算转速仪校准装置转速示值误差。

D.2.1 测量模型

D.2.1.1 测量模型为：

$$\delta_i = \frac{f_{mi} - f_i}{f_i} \times 100\%$$

式中：

δ_i ——第 i 校准点 ($i=1, 2, \dots, n$)，转速示值误差；

f_{mi} ——第 i 校准点，转速仪校准装置模拟信号频率换算值，Hz；

f_i ——第 i 校准点频率实测值，Hz。

D.2.1.2 合成标准不确定度

由于输入量 f_{mi} 、 f_i 两者的不确定度不相关，由不确定度传播律得到合成标准不确定度公式：

$$u_c^2(\delta_i) = c^2(f_{mi})u^2(f_{mi}) + c^2(f_i)u^2(f_i)$$

式中：

$u(f_{mi})$ ——转速测量仪校准装置引入的标准不确定度；

$u(f_i)$ ——动态信号分析仪引入的标准不确定度。

D.2.1.3 灵敏系数

$$c(f_{mi}) = \partial(\delta_i) / \partial(f_{mi}) = 1/f_i$$

$$c(f_i) = \partial(\delta_i) / \partial(f_i) = -f_{mi}/f_i^2$$

D.2.2 不确定度分量的评定

D.2.2.1 转速仪校准装置引入的不确定度分量

转速仪校准装置的不确定度分量 $u(f_{mi})$ 由测量重复性引入。可以经过连续测量得到测量列，采用 A 类方法评定。以 3 000 r/min 校准点为例，当转速仪校准装置输出稳定在 3 000 r/min 后，等精度重复测量 10 次，测得数据：100.02 Hz、100.03 Hz、100.02 Hz、100.02 Hz、100.03 Hz、100.02 Hz、100.02 Hz、100.03 Hz、100.02 Hz、100.02 Hz，平均值为 100.02 Hz。按贝塞尔公式计算得到单次实验标准差：

$$s(f_{mi}) = 0.005 \text{ Hz}$$

实际测量时以单次结果作为测量值，其引入的不确定度分量为：

$$u(f_{mi}) = s(f_{mi}) = 0.005 \text{ Hz}$$

D.2.2.2 动态信号分析仪引入的不确定度分量

动态信号分析仪示值最大允许误差不超过 $\pm 0.015\%$ ，按均匀分布考虑，则示值误差引入的不确定度分量可表示为

$$u(f_i) = \frac{100.02 \times 0.015\%}{\sqrt{3}} \text{ Hz} \approx 0.009 \text{ Hz}$$

D.2.3 不确定度分量一览表

表 D.2 不确定度分量一览表

序号	不确定度来源	符号	数值	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u(x_i)$
1	测量结果重复性	$u(f_{mi})$	0.005 Hz	$1/f_i$	5×10^{-5}
2	动态信号分析仪频率示值误差	$u(f_i)$	0.009 Hz	$-f_{mi}/f_i^2$	9×10^{-5}

D.2.4 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{(5 \times 10^{-5})^2 + (9 \times 10^{-5})^2} \approx 1 \times 10^{-4}$$

D.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 1 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-4}$$