



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF××-××××

机动车发动机转速测量仪校准装置
校准规范

Calibration Specification

for Calibrator for Motor Vehicle Engine Speed Measuring Instruments

(征求意见稿)

20××-××-××发布

20××-××-××实施

国家市场监督管理总局发布

机动车发动机转速测量仪 校准装置校准规范

JJF ××-×××
×

Calibration Specification for Calibrator

for Motor Vehicle Engine Speed Measuring Instruments

本规范经国家市场监督管理总局 20××年××月××日批准，并自 20××年××月××日起实施。

归口单位：全国 Engine 法制计量管理计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国法制计量管理计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引言	III
1 范围.....	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语.....	(1)
3.1 点火信号.....	(1)
3.2 充电信号.....	(1)
3.3 高压点火脉冲信号.....	(1)
3.4 振动冲击信号.....	(1)
3.5 声信号.....	(2)
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 转速模示值稳定性.....	(2)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 测量标准及其他设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 测量范围.....	(3)
7.2 转速示值误差.....	(3)
7.3 转速示值稳定性.....	(5)
8 校准结果的表达.....	(6)
9 复校时间间隔.....	(6)
附录 A 信号频率与发动机转速对应关系.....	(7)
附录 B 校准证书内容.....	(8)

附录 C 校准记录格式.....	(9)
附录 D 校准装置转速示值误差测量结果不确定度评定.....	(10)

引 言

本规范以 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《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JJG602-2014《低频信号发生器》检定规程、JJG298-2015《标准振动台》检定规程、JJG277-2017《标准声源》检定规程，并部分参考了JJF1375《机动车发动机转速测量仪校准规范》的技术要求编制而成。

本规范为首次制定。

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（以下简称校准装置）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG277 标准声源检定规程

JJG298 标准振动台检定规程

JJG602 低频信号发生器检定规程

JJF1375 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 点火信号 ignition signal

校准装置产生的信号，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 充电信号 charging signal

校准装置产生的信号，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 高压点火脉冲信号 high voltage ignition pulse signal

校准装置产生的信号，模拟点燃式发动机点火线圈的高压点火脉冲信号。

3.4 振动冲击信号 vibration shock signal

振动冲击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 声信号 audio signal

校准装置产生的信号，模拟发动机点火振动发出的声音信号。

4 概述

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，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。可以模拟产生与发动机转速相关的模拟信号，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。

校准原理图见图1。

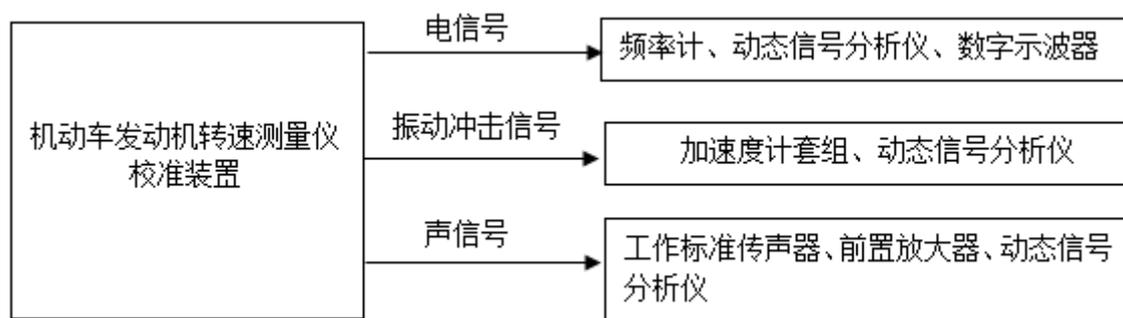


图1 校准原理图

5 计量特性

5.1 测量范围：（500 ~ 6000） 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

转速示值稳定性不超过 $\pm 0.2\%$ 。

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 环境温度：(23±5)℃。

6.1.2 环境相对湿度：不大于85%。

6.1.3 电源：额定电压(220±22)V、频率(50±1)Hz。

6.1.4 校准应在周围的污染、振动、电磁干扰对校准结果无影响的环境下进行。

6.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表1。

表1 测量标准及其他设备

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

7 校准项目和校准方法

7.1 测量范围

校准装置的转速设定值可在500r/min到6000r/min范围内调节。

7.2 转速示值误差

7.2.1 点火信号

将校准装置的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，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依据客户需求进行。

在校准装置(500~6000)r/min测量范围内均匀的选取校准点，一般不少于八个点，且包括500r/min、6000r/min两个校准点。按照附录A表A.1信号频率与发动机转速对应关

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校准装置校准点转速值、频率换算值与频率计实测值，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，校准装置模拟信号频率换算值，Hz；

f_i — 第*i*校准点，频率计实测值，Hz。

使用数字示波器观察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。

7.2.2 充电信号

将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，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。

参照7.2.1的方法选择校准点，开始测试并依次记录校准装置校准点转速值与频率计实测值，按公式（2）计算各校准点比例系数及其平均值。

$$k_i = \frac{f_i}{N_i} \quad (2)$$

$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n}$$

式中：

k_i — 第*i*校准点（ $i = 1, 2, \dots, n$ ），比例系数，无量纲；

f_i — 第*i*校准点，频率计实测值，Hz；

N_i — 第*i*校准点，转速值，r/min；

\bar{k} — 比例系数平均值，无量纲；

n — 校准点数量。

按公式（3）计算各校准点示值误差，作为转速示值误差。

$$\delta_{ci} = \frac{k_i - \bar{k}}{\bar{k}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： δ_{ci} — 第*i*校准点（ $i = 1, 2, \dots, n$ ），充电信号转速示值误差，%。

7.2.3 高压点火脉冲信号

将校准装置高压脉冲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，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。

校准点的选择和校准方法参照7.2.1。

7.2.4 振动冲击信号

7.2.4.1 高压喷油振动信号

将加速度计安装在喷油管模拟端口上，将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。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。

校准点的选择和校准方法参照7.2.1。

7.2.4.2 发动机缸体振动信号

将加速度计安装在振动台中心位置，将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。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。

校准点的选择和校准方法参照7.2.1。

7.2.4.3 发动机缸体冲击信号

将加速度计安装在振动台中心位置，将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。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。

校准点的选择和校准方法参照7.2.1。

7.2.5 声信号

测量时应使声信号在参考方向入射到传声器上，使用动态信号分析仪的时域测量功能对校准装置发出的声信号进行测量。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。

参照7.2.1的方法选择校准点，开始测试并依次记录校准装置校准点转速值、频率换算值与测得的声信号频率值，参照7.2.1的方法计算声信号频率示值误差。

7.3 转速示值稳定性

在转速示值误差校准项目进行的同时，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分钟测量一次，3分钟后共测量四次。按公式（4）计算转速示值稳定性。

$$S = \frac{(f_{max} - f_{min})}{\bar{f}} \times 100\% \quad (4)$$

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

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

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、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此, 送校单位可根据实际使用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对应关系

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。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。

表 A.1 信号频率与发动机转速对应关系

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		$f_c = \frac{N}{60} \times K$ 式中： K 为一个固定系数，模拟与车载发电机及充电线路相关的系数。
高压点火脉冲信号	单一点火线圈点火信号	$f_{da} = \frac{N}{120}$
	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

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）	合格证书号	合格有效期	
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	对应频率	实测频率	示值误差	示值稳定性	不确定度

注：本校准记录允许根据校准单位技术管理要求，作适当修改。

附录 D

校准装置转速示值误差测量结果不确定度评定

D.1 点火模式

D.1.1 测量模型

在点火信号模式下，对校准装置转速示值误差测量结果进行不确定度评定。将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，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。将转速值设为3000r/min，计算得到对应的点火信号频率值。

$$f_0 = \frac{3000}{30} \text{ Hz} = 100 \text{ Hz}$$

式中： f_0 — 点火信号标称频率，Hz。

当校准装置输出稳定转速后，读取频率计示值，按下式计算校准装置示值误差。

$$\delta = \frac{f_0}{f} - 1 = \frac{100}{f} - 1$$

式中： δ — 校准装置转速示值误差；

f — 频率计测得的频率值，Hz。

由不确定度传播律：

$$u^2(\delta) = c^2 \times u^2(f)$$

式中： $c = -\frac{100}{f^2}$ 单位：1/Hz。

D.1.2 输入量的标准不确定度评定

(1) A类标准不确定度评定

测量结果重复性引入的标准不确定度分量，为A类标准不确定度分量。

当校准装置输出稳定在3000 r/min后，读取频率计示值。等精度重复测量10次，测得数据：100.0030 Hz、100.0029Hz、100.0033Hz、100.0032Hz、100.0034Hz、100.0035Hz、100.0035Hz、100.0030 Hz、100.0032Hz、100.0031Hz，平均值为100.0032Hz。

单次实验标准差按下式计算

$$s(f) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(f_i - \bar{f})^2}{10-1}} = 0.0002 \text{ Hz}$$

实际校准时，测量1次，则A类标准不确定度分量可表示为

$$u_A(f) = 0.0002 \text{ Hz}$$

(2) B类标准不确定度评定

频率计频率示值误差引入的标准不确定度分量，为B类标准不确定度分量。

频率计最大允许示值误差不超过 $\pm 0.01\%$ ，按均匀分布考虑，则示值误差引入的标准不确定度分量可表示为

$$u_B(f) = \frac{100.0032 \times 0.01\%}{\sqrt{3}} \text{ Hz} = 0.0058 \text{ Hz}$$

频率计测得值不确定度 $u(f)$ 由以上两个分量合成得到

$$u(f) = \sqrt{u_A^2(f) + u_B^2(f)} = \sqrt{0.0002^2 + 0.0058^2} \text{ Hz} = 0.0058 \text{ Hz}$$

D.1.3 不确定度分量汇总表

序号	符号		来源	数值		灵敏系数 c_i	$ c_i \times u(x_i)$
1	$u(f)$	$u_A(f)$	测量结果重复性	0.0058 Hz	0.0002 Hz	$-\frac{100}{f^2}$	5.8×10^{-5}
2		$u_B(f)$	频率计频率示值误差		0.0058 Hz		

注：计算中 f 为测量平均值 100.0032 Hz。

D.1.4 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{c^2 \times u^2(f)} = 5.8 \times 10^{-5}$$

D.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$

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

D.1.6 测量不确定度的报告

由上述分析得到：

点火模式下校准装置转速示值误差的扩展不确定度为：

$$U = 1.2 \times 10^{-4}, k=2$$

D.2 振动模式

D.2.1 测量模型

在振动信号模式下，对校准装置转速示值误差测量结果进行不确定度评定。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。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。将转速值设为3000r/min，计算得到对应的点火信号频率值。

$$f_0 = \frac{3000}{30} \text{ Hz} = 100 \text{ Hz}$$

式中： f_0 — 振动信号标称频率，Hz。

当校准装置输出稳定转速后，读取动态信号分析仪频率示值，按下式计算校准装置示值误差。

$$\delta = \frac{f_0}{f} - 1 = \frac{100}{f} - 1$$

式中： δ — 校准装置转速示值误差；

f — 动态信号分析仪测得的频率值，Hz。

由不确定度传播律：

$$u^2(\delta) = c^2 \times u^2(f)$$

式中： $c = -\frac{100}{f^2}$ 单位：1/Hz。

D. 2. 2 输入量的标准不确定度评定

(1) A类标准不确定度评定

测量结果重复性引入的标准不确定度分量，为A类标准不确定度分量。

当校准装置输出稳定在3000 r/min后，读取动态信号分析仪频率示值。等精度重复测量10次，测得数据：100.02 Hz、100.03Hz、100.02Hz、100.02Hz、100.03Hz、100.02Hz、100.02Hz、100.03 Hz、100.02Hz、100.02Hz，平均值为100.02Hz。

单次实验标准差按下式计算

$$s(f) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(f_i - \bar{f})^2}{10-1}} = 0.005\text{Hz}$$

实际校准时，测量1次，则A类标准不确定度分量可表示为

$$u_A(f) = 0.005\text{Hz}$$

(2) B类标准不确定度评定

动态信号分析仪频率示值误差引入的标准不确定度分量，为B类标准不确定度分量。

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

$$u_B(f) = \frac{100.02 \times 0.015\%}{\sqrt{3}} \text{Hz} = 0.009\text{Hz}$$

动态信号分析仪测得值不确定度 $u(f)$ 由以上两个分量合成得到

$$u(f) = \sqrt{u_A^2(f) + u_B^2(f)} = \sqrt{0.005^2 + 0.009^2} \text{Hz} = 0.01\text{Hz}$$

D. 2. 3 不确定度分量汇总表

序号	符号		来源	数值		灵敏系数 c_i	$ c_i \times u(x_i)$
1	$u(f)$	$u_A(f)$	测量结果重复性	0.01Hz	0.005Hz	$-\frac{100}{f^2}$	1×10^{-4}

2	$u_B(f)$	动态信号分析仪 频率示值误差	0.009Hz
---	----------	-------------------	---------

注：计算中 f 为测量平均值 100.02Hz。

D. 2. 4 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{c^2 \times u^2(f)} = 1 \times 10^{-4}$$

D. 2. 5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$

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

D. 2. 6 测量不确定度的报告

由上述分析得到：

振动模式下校准装置转速示值误差的扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 10^{-4}, k=2$$