

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1375—2012

机动车发动机转速测量仪校准规范

Calibration Specification for Motor Vehicle

Engine Speed Measuring Instruments

2012-12-12 发布

2013-03-12 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

机动车发动机转速测量仪 校准规范

Calibration Specification for Motor Vehicle
Engine Speed Measuring Instruments

JJF 1375—2012

归口单位：全国法制计量管理计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

甘肃省计量研究院

大雷科技有限公司

参加起草单位：上海机动车检测中心

合肥华西科技开发有限公司

厦门市计量检定测试院

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：

李伟克（安徽省计量科学研究所）

高德成（甘肃省计量研究所）

陈 莉（大雷科技有限公司）

参加起草人：

陈建萍（上海机动车检测中心）

金佩玉（安徽省计量科学研究所）

李红军（合肥华西科技发展有限公司）

江 涛（厦门市计量检定测试院）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 脉冲转速比	(1)
3.2 指针摆动量	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 测量范围	(2)
5.2 示值误差	(2)
5.3 示值重复性	(2)
5.4 指针式转速测量仪的指针摆动量	(2)
5.5 转速测量仪的示值稳定时间	(2)
5.6 输出电压的线性误差	(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 测量范围与示值误差	(3)
7.2 示值重复性	(3)
7.3 指针式测量仪的指针摆动量	(3)
7.4 转速测量仪的示值稳定时间	(4)
7.5 输出电压的线性误差	(4)
8 校准结果的表达	(4)
9 复校时间间隔	(4)
附录 A 点燃式发动机对应不同冲程和缸数时的脉冲转速比	(5)
附录 B 转速测量仪输出电压线性误差计算方法举例	(6)
附录 C 校准证书内页内容	(7)
附录 D 机动车发动机转速测量仪校准记录	(8)
附录 E 机动车发动机转速测量仪校准示值误差测量结果的不确定度评定	(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—1999《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（汽车）04—1995《汽油机专用转速表》和 JJG（汽车）05—1995《柴油机专用转速表》的技术要求，并部分参考了 GB 3847—2005《车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法》和 GB 18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）》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规范

1 范围

本规范适用于点燃式发动机高压点火脉冲感应式、汽车电瓶充放电电压脉动式、压燃式发动机高压喷油及发动机振动感应式发动机转速测量仪（以下简称转速测量仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 124—2005 电流表、电压表、功率表及电阻表

GB 3847—2005 车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法

GB 18285—2005 点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法（双怠速法及简易工况法）

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 术语和计量单位

3.1 脉冲转速比 pulse speed ratio

点燃式发动机在不同冲程和缸数时，每一缸线产生的高压脉冲数与发动机转速之比值，一般用符号 P/R 表示。具体参考附录 A。

3.2 指针摆动量 pointer swing amount

当转速测量仪校准装置输出稳定转速时，指针式转速测量仪的指针没有稳定在某一转速值上，而是在一定范围内摆动。指针摆动的最大值、最小值之差与标准转速值的比值。

4 概述

转速测量仪按测量原理分可分为高压点火脉冲感应、汽车电瓶充放电电压脉动、高压喷油及发动机振动感应式等几种形式。

高压点火脉冲感应式转速测量仪是通过传感器感应点燃式发动机点火线圈的高压点火脉冲频率测量发动机转速。它由感应线圈、信号处理系统、显示装置等组成，用于测量点燃式发动机转速。

汽车电瓶充放电电压脉动式转速测量仪是通过检测车辆发动机转动时对电瓶充电电压的脉动频率测量发动机转速。它由电压脉动感应传感器、信号处理系统、显示装置等组成，用于测量点燃式发动机或压燃式发动机转速。

高压喷油及发动机振动感应式转速测量仪是通过固定在压燃式发动机高压喷油管上

或贴附在机动车发动机机壳上传感器感应发动机振动频率测量发动机转速。它由振动感应传感器、信号处理系统、显示装置等组成，用于测量压燃式发动机或点燃式发动机转速。

转速测量仪按显示方式可分为指针式转速测量仪和数字显示转速测量仪两类。

5 计量特性

5.1 测量范围

测量范围：(500~6 000) r/min。

注：对高压点火脉冲感应式转速测量仪，指的是 $P/R=1$ 时的转速范围。

5.2 示值误差

指针式：±1.5%。

数字显示式：±1.0%。

5.3 示值重复性

指针式：1.0%。

数字显示式：0.5%。

5.4 指针式转速测量仪的指针摆动量

指针摆动量应不大于 1.0%。

5.5 转速测量仪的示值稳定时间

示值稳定时间一般不大于 5 s。

5.6 输出电压的线性误差

对有电压输出功能的转速测量仪，其输出电压线性误差一般不大于 5%。

注：以上指标不是用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(0~40)℃。

6.1.2 环境相对湿度：不大于 85%。

6.1.3 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

设备名称	主要技术指标
转速测量仪校准装置	测量范围：(500~6 000) r/min， 最大允许误差：±0.2%
直流数字电压表	(10~1 000) mV，准确度等级：1.0 级
秒表	分辨力不大于 0.1 s

7 校准项目和校准方法

7.1 测量范围与示值误差

7.1.1 测量范围

如图 1 所示, 根据转速测量仪测量原理选择对应转速测量仪校准装置, 对转速测量仪进行校准。当转速测量仪校准装置的标准转速从 500 r/min 逐步调至 6 000 r/min, 观察转速测量仪显示值的测量范围。

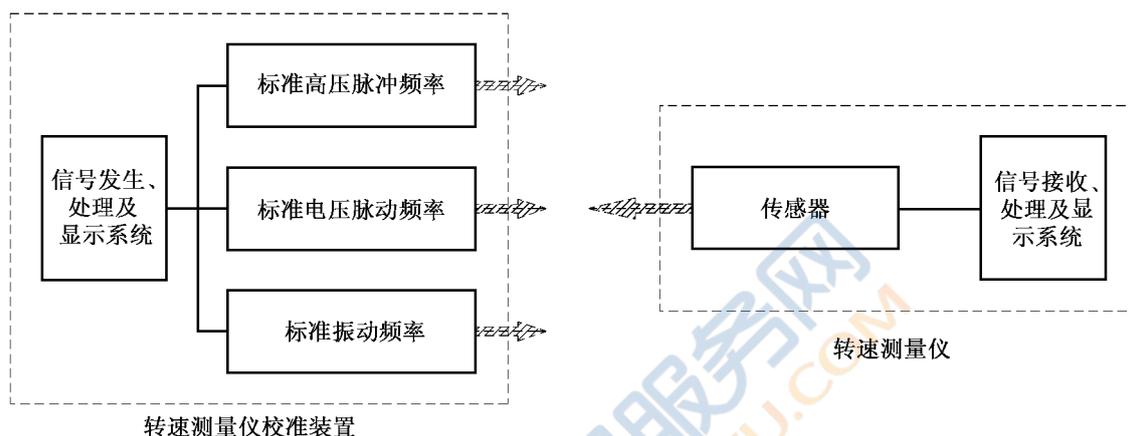


图 1 转速测量仪校准方法示意图

7.1.2 示值误差

在 7.1.1 的基础上, 对转速测量仪进行示值误差校准。校准点一般选取 500 r/min~6 000 r/min 整个测量范围均匀分布的五个点。

每一校准点重复测量 3 次, 按公式 (1) 计算各校准点示值误差。

$$\delta_{ni} = \frac{\eta \times \bar{n}_i - n_{0i}}{n_{0i}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

δ_{ni} ——第 i 校准点 ($i=1, 2, 3, 4, 5$) 转速表示值误差, %;

η ——脉冲转速比, 高压点火脉冲感应式转速测量仪为 P/R , 其他转速测量仪为 1;

\bar{n}_i ——第 i 校准点转速测量仪 3 次测量示值的平均值, r/min;

n_{0i} ——第 i 校准点转速测量仪校准装置的标准转速, r/min。

7.2 示值重复性

在转速测量仪示值误差校准的基础上, 按公式 (2) 计算示值重复性。

$$R_i = \frac{\eta \cdot (n_{i\max} - n_{i\min})}{n_{0i}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

R_i ——第 i 校准点转速测量仪的示值重复性, %;

$n_{i\max}$ ——第 i 校准点转速测量仪 3 次测量示值中的最大值, r/min;

$n_{i\min}$ ——第 i 校准点转速测量仪 3 次测量示值中的最小值, r/min。

7.3 指针式测量仪的指针摆动量

选择转速测量仪校准装置输出标准转速值 1 000 r/min, 3 000 r/min, 5 000 r/min,

观察指针式测量仪的指针摆动量。按公式 (3) 计算指针摆动量。

$$\xi_j = \frac{n_{j\max} - n_{j\min}}{n_{0j}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

- ξ_j ——第 j 校准点 ($j=1, 2, 3$) 指针式测量仪的指针摆动量, %;
- $n_{j\max}$ ——第 j 校准点指针式测量仪指针摆动至最大值, r/min;
- $n_{j\min}$ ——第 j 校准点指针式测量仪指针摆动至最小值, r/min;
- n_{0j} ——第 j 校准点转速测量仪校准装置输出标准转速值, r/min。

7.4 转速测量仪的示值稳定时间

在转速测量仪校准装置与转速测量仪正确连接好后, 启动转速测量仪校准装置输出标准转速、并同时按下秒表计时。观察转速测量仪的示值稳定瞬间, 停止秒表计时, 记录示值稳定时间。

7.5 输出电压的线性误差

对带有相应电压输出端口的转速测量仪, 应校准其输出电压的线性误差。

按图 1 所示, 将被校转速测量仪与转速测量仪校准装置相连接、并将直流数字电压表输入端接在转速测量仪的电压输出端口上。在标准转速分别为 1 000 r/min, 2 000 r/min, 3 000 r/min, 4 000 r/min, 5 000 r/min, 6 000 r/min 时读取相应的输出电压值。运用最小二乘法估计一元线性方程 $y=ax+b$ 的参数 a 和 b 。 a 为样本回归直线的斜率, 又称回归系数; b 为样本回归直线 y 的截距。

根据计算所得参数 a 和 b , 计算各测量点输出电压线性值 $Y_k=ax_k+b$ 。按公式 (4) 计算各测量点的输出电压线性误差 δy_k 。

$$\delta y_k = \frac{|y_k - Y_k|}{Y_k} \times 100\% \quad (4)$$

式中

- δy_k ——第 k 转速测量点 ($k=1, 2, 3, 4, 5, 6$) 输出电压线性误差, %;
- y_k ——第 k 转速测量点实际测得输出电压值, mV;
- Y_k ——根据最小二乘法确定回归直线方程, 计算得到第 k 转速测量点的输出电压线性值, mV。

转速测量仪输出电压线性误差计算方法举例见附录 B。

8 校准结果的表达

转速测量仪经校准后出具校准证书, 校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

转速测量仪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

点燃式发动机对应不同冲程和缸数时的脉冲转速比

表 A.1 点燃式发动机对应不同冲程和缸数时的脉冲转速比

每转脉冲数 (P/R)	4 冲程发动机	2 冲程发动机
1/2	一缸	——
1	二缸	一缸
3/2	三缸	——
2	四缸	二缸
5/2	五缸	——
3	六缸	三缸
4	八缸	——

附录 B

转速测量仪输出电压线性误差计算方法举例

【例】当标准转速分别为 1 000 r/min, 2 000 r/min, 3 000 r/min, 4 000 r/min, 5 000 r/min, 6 000 r/min 时, 分别测量得到相应的输出电压为 81 mV, 165 mV, 238 mV, 313 mV, 390 mV, 508 mV, 见表 B.1。计算该转速测量仪输出电压线性误差。

表 B.1 转速测量仪各测量点转速和相应的输出电压

i	1	2	3	4	5	6
$x_i/(10^3 \text{ r/min})$	1	2	3	4	5	6
y_i/mV	81	165	238	313	390	508

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 3.5 (10^3 \text{ r/min}) \quad (\text{B.1})$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 282.5 (\text{mV}) \quad (\text{B.2})$$

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 1\,442.5 \quad (\text{B.3})$$

$$s_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 17.5 \quad (\text{B.4})$$

$$b = s_{xy}/s_{xx} = 82.428\,571\,43 \quad (\text{B.5})$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = -6.000\,000\,005 \quad (\text{B.6})$$

$$Y = a + bx = -6.0 + 82.43x \quad (\text{B.7})$$

根据直线方程 (B.7) 计算相应各测量点的线性输出电压, 并计算各点线性误差, 见表 B.2。

表 B.2 各点输出电压线性误差一览表

$x_i/(10^3 \text{ r/min})$	1	2	3	4	5	6
y_i/mV	81	165	238	313	390	508
$Y_i = -6.0 + 82.43x_i$	76.4	158.9	241.3	323.7	406.2	488.6
$y_i - Y_i/\text{mV}$	4.6	6.1	-3.3	-10.7	-16.2	19.4
$\frac{ y_i - Y_i }{Y_i}$	6.0%	3.8%	1.4%	3.3%	4.0%	4.0%

附录 C

校准证书内页内容

校 准 点	示 值 误 差	重 复 性
指针式转速测量仪 的指针摆动量		
示值稳定时间		
输出电压的线性误差		

附录 D

机动车发动机转速测量仪校准记录

送校单位 信息	送校单位				联系地址		
	联系人				联系电话	邮编	
被校仪器 信息	仪器名称				型号规格		
	制造厂商				生产日期	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	相对湿度	
校准记录							
测量范围/(r/min)							
示值稳定时间							
示 值 误 差 及 重 复 性	转速测量仪校准 装置标准转速 r/min	转速测量仪转速示值/(r/min)				示值误差	示值重复性
		1	2	3	平均值		
对高压点火脉冲感应式转速测量仪应注明脉冲转速比 (P/R):							
指针式测量仪的指针摆动量							
转速测量仪的示值稳定时间							
输出电压的线性误差							

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 E

机动车发动机转速测量仪校准示值误差测量结果的不确定度评定

E.1 建立数学模型

以点燃式发动机高压点火脉冲感应式转速测量仪 ($P/R=1$) 为例。校准转速测量仪时, 转速测量仪校准装置为标准器。当转速测量仪校准装置输出某一标准转速时, 读取转速测量仪相应示值, 按公式 (E.1) 计算转速测量仪示值误差 (转速测量仪示值 n 、转速测量仪校准装置输出标准转速值 n_0 为输入量, 转速测量仪示值误差 δ 为输出量的数学模型)。

$$\delta = \frac{n}{n_0} - 1 \quad (\text{E.1})$$

式中:

δ ——转速测量仪示值误差;

n ——转速测量仪示值, r/min;

n_0 ——转速测量仪校准装置输出标准转速值, r/min。

因为各分量 n 、 n_0 互不相关, 由不确定度传播律:

$$u^2(\delta) = c_1^2 u^2(n) + c_2^2 u^2(n_0)$$

其中: $c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial n} = \frac{1}{n_0}$, 单位: r/min;

$$c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial n_0} = -\frac{n}{n_0^2}, \text{ 单位: r/min。}$$

故不确定度式为

$$u^2(\delta) = \left(\frac{1}{n_0}\right)^2 u^2(n) + \left(-\frac{n}{n_0^2}\right)^2 u^2(n_0)$$

E.2 输入量的标准不确定度评定

(1) 被校转速测量仪示值 (测量结果重复性) 的标准不确定度评定

被校转速测量仪 n 估计值的不确定度主要来源于转速测量仪的测量结果重复性及数显仪器的示值量化误差。测量结果重复性可以通过连续测量得到的测量列, 采用 A 类方法进行评定。

在转速测量仪校准装置及被校转速测量仪正常工况条件下, 在转速测量仪校准装置输出标准转速为 2 986 r/min 时, 读取被校转速测量仪相应示值。等精度重复测量 10 次, 测量数据: 2 970 r/min, 2 970 r/min, 2 970 r/min, 2 960 r/min, 2 970 r/min, 2 960 r/min, 2 960 r/min, 2 960 r/min, 2 970 r/min, 2 970 r/min。

单次实验标准差 $s(n_i)$

$$s(n_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (n_i - \bar{n})^2}{10 - 1}} = 5.2 \text{ r/min}$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，则可得标准不确定度为

$$u_A(n) = s(n_i) / \sqrt{3} = 3.0 \text{ r/min}$$

(2) 被校转速测量仪 n 估计值（数显量化误差）的标准不确定度评定

数显式转速测量仪的分辨力为 1 r/min，其量化误差以等概率分布（矩形分布）落在宽度为 $1 \text{ r/min}/2 = 0.5 \text{ r/min}$ 的区间内。考虑其引入的标准不确定度为

$$u_1(n) = 0.5 \text{ r/min} / \sqrt{3} = 0.29 \text{ r/min}$$

由于重复性分量包含被校转速测量仪 n 估计值（数显量化误差）的标准不确定度分量，为避免重复计算，只计最大影响量 $u_A(n)$ ，舍弃 $u_1(n)$ 。

(3) 转速测量仪校准装置指示值 n_0 估计值的标准不确定度评定

转速测量仪校准装置示值允许误差为 $\pm 0.2\%$ ，在标准转速值为 2 986 r/min 时，可能引起的误差值为 $2\,986 \text{ r/min} \times 0.2\% = 6.0 \text{ r/min}$ 。按正态分布计，则引入的标准不确定度

$$u(n_0) = 6.0 \text{ r/min} / \sqrt{3} = 3.5 \text{ r/min}$$

E.3 输出量的标准不确定度分量一览表

表 E.1 输出量的标准不确定度分量

序号	输入量估计值的标准不确定度评定			输出量估计值的标准不确定度分量		
	来源	符号	数值	符号	灵敏系数 c_i	$ c_i \times u(x)$
1	测量结果重复性	$u_A(n)$	3.0 r/min	u_1	$1/n_0$	0.10%
2	校准装置准确性	$u(n_0)$	3.5 r/min	u_2	$-n/n_0^2$	0.12%

注：计算中 n_0 为 2 986 r/min， n 为 10 次测量值之平均值 2 966 r/min。

E.4 合成标准不确定度的计算

由于各标准不确定度分量相互无关，故合成标准不确定度为

$$\begin{aligned} u_c(\delta) &= \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{(0.10\%)^2 + (0.12\%)^2} \\ &= 0.16\% \end{aligned}$$

E.5 扩展不确定度的计算

取包含因子 $k=2$ ，则

$$U_{\text{rel}} = k \times u_c(\delta) = 2 \times 0.16\% = 0.32\%$$

E.6 测量不确定度的报告

由上述分析得到：

转速测量仪示值误差的相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = 0.32\%, k=2$$