



天津市地方计量技术规范

JJF(津)60—2021

机动车尾气排放检测用 五参数测试仪校准规范

Calibration Specification for Five-parameter Testers
of Automobile Exhaust Emissions Testing

2021—08—12 发布

2021—09—12 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

机动车尾气排放检测用 五参数测试仪校准规范

Calibration Specification for Five-parameter
Testers of Automobile Exhaust Emissions Testing

JJF(津)60-2021

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

崔素梅 (天津市计量监督检测科学研究院)

谢 宁 (天津市计量监督检测科学研究院)

申 海 (天津市计量监督检测科学研究院)

参加起草人：

高 顺 (天津市计量监督检测科学研究院)

王 伟 (天津市计量监督检测科学研究院)

王克喜 (天津市计量监督检测科学研究院)

张笑平 (天津市计量监督检测科学研究院)

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
4.1 温度.....	(1)
4.2 湿度.....	(1)
4.3 大气压力.....	(1)
4.4 油温.....	(1)
4.5 转速.....	(1)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 标准器及其他设备.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
6.1 温度示值误差.....	(2)
6.2 湿度示值误差.....	(2)
6.3 大气压力示值误差.....	(3)
6.4 油温示值误差.....	(3)
6.5 转速.....	(3)
7 校准结果的表达.....	(4)
8 复校时间间隔.....	(4)
附录 A 校准记录格式.....	(5)
附录 B 校准证书校准结果页格式.....	(7)
附录 C 机动车尾气排放检测用五参数测试仪示值误差测量不确定度评定.....	(8)

引 言

本规范以 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1《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 JJG 976《透射式烟度计》检定规程、GB 3847-2018《柴油车污染物排放限值及测量方法(自由加速法及加载减速法)》、GB 18285-2018《汽油车污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》、GB 20891-2014《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)》、GB 36886-2018《非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法》等技术规范。

本规范为首次发布。

机动车尾气排放检测用五参数测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于机动车尾气排放检测用五参数测试仪的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 976 《透射式烟度计》 检定规程

GB 3847-2018 《柴油车污染物排放限值及测量方法(自由加速法及加载减速法)》

GB 18285-2018 《汽油车污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》

GB 20891-2014 《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法(中国第三、四阶段)》

GB 36886-2018 《非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法》

凡注日期的引用文件，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 概述

机动车尾气排放检测用五参数测试仪(以下简称五参数仪)主要由温度、湿度、大气压力、油温、转速等 5 个参数的测量单元及显示单元组成，用于测量机动车尾气排放检测时的温度、湿度、大气压力、油温、转速等 5 个参数。

4 计量特性

4.1 温度

4.1.1 温度测量范围：(-20~60)℃。

4.1.2 温度最大允许误差：±0.5℃。

4.2 湿度

4.2.1 湿度测量范围：(5~95)%RH。

4.2.2 湿度最大允许误差：±3%RH。

4.3 大气压力

4.3.1 大气压力测量范围：(70~106)kPa。

4.3.2 大气压力最大允许误差：±1kPa。

4.4 油温

4.4.1 油温测量范围：(-30~150)℃。

4.4.2 油温最大允许误差：±2℃。

4.5 转速

4.5.1 转速测量范围：(500~6000)r/min。

4.5.2 转速最大允许误差：±10r/min 或 ±1%。

4.5.3 转速重复性：5r/min 或 0.5%。

注：校准工作不做符合性判断，以上计量特性仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度：(0~40)℃。

5.1.2 相对湿度：不大于 85%。

5.1.3 校准环境应无影响校准结果的污染、振动、电磁干扰等，校准场所应保持通风良好。

5.2 测量标准及其他设备

表 1 测量标准及其他设备

序号	测量标准及其他设备	主要技术指标
1	数显温度计(铂电阻传感器)	测量范围：(-30~150)℃ 最大允许误差：±0.2℃
2	油恒温槽	温差 0.5℃
3	湿度计	测量范围：(0~95)% 最大允许误差：±1%RH
4	大气压力计	测量范围：(70~106)kPa 最大允许误差：±0.2 kPa
5	发动机转速校准装置	测量范围：(500~6000)r/min 最大允许误差：±0.2%

6 校准项目和校准方法

6.1 温度示值误差

将标准数显温度计放置在距五参数仪温度测量单元 30cm 内，待标准数显温度计稳定 30min 后，分别读取标准数显温度计和五参数仪温度测量单元的 3 次示值，读取时间间隔不少于 1min。按公式(1)计算五参数仪温度示值误差 Δ_{WD} 。

$$\Delta_{WD} = \overline{W_{Di}} - \overline{W_D} \quad (1)$$

式中： Δ_{WD} ——五参数仪温度示值误差，℃；

$\overline{W_{Di}}$ ——五参数仪 3 次温度示值的平均值，℃；

$\overline{W_D}$ ——标准数显温度计 3 次示值的平均值，℃。

6.2 湿度示值误差

将标准湿度计放置在距五参数仪湿度测量单元 30cm 内，待标准湿度计稳定 30min 后，分别读取标准湿度计和五参数仪湿度测量单元的 3 次示值，读取时间间隔不少于 1min。按公式(2)计算五参数仪湿度示值误差 Δ_{SD} 。

$$\Delta_{SD} = \overline{S_{Di}} - \overline{S_D} \quad (2)$$

式中: Δ_{SD} ——五参数仪湿度示值误差, %RH;

$\overline{S_{Di}}$ ——五参数仪 3 次湿度示值的平均值, %RH;

$\overline{S_D}$ ——标准湿度计 3 次示值的平均值, %RH。

6.3 大气压力示值误差

将标准大气压力计放置在距五参数仪大气压力测量单元 30cm 内, 待标准大气压力计稳定 30min 后, 分别读取标准大气压力计和五参数仪大气压力测量单元的 3 次示值, 读取时间间隔不少于 1min。按公式(3)计算五参数仪大气压力示值误差 Δ_{QY} 。

$$\Delta_{QY} = \overline{Q_{Yi}} - \overline{Q_Y} \quad (3)$$

式中: Δ_{QY} ——五参数仪大气压力示值误差, kPa;

$\overline{Q_{Yi}}$ ——五参数仪 3 次大气压力示值的平均值, kPa;

$\overline{Q_Y}$ ——标准大气压力计 3 次示值的平均值, kPa。

6.4 油温示值误差

将五参数仪的油温传感器和标准数显温度计的铂电阻传感器一起放在油恒温槽中, 当油恒温槽分别加温至约 70℃、90℃时, 每个测量点恒定 30min 后, 分别读取标准数显温度计和五参数仪油温示值。按公式(4)计算五参数仪油温示值误差 Δ_{ti} 。

$$\Delta_{ti} = t_i - t_{0i} \quad (4)$$

式中: Δ_{ti} ——第 i 测量点 ($i=1, 2$), 五参数仪油温示值误差, °C;

t_i ——第 i 测量点, 五参数仪油温示值, °C;

t_{0i} ——第 i 测量点, 标准数显温度计示值, °C。

6.5 转速

6.5.1 转速示值误差

将五参数仪的转速传感器放在发动机转速校准装置规定的位置, 将发动机转速校准装置设定为规定的转速值, 选 800r/min、1500r/min、2000r/min、2500r/min、3000r/min 为转速的 5 个测量点, 同时读取五参数仪的转速示值, 每个测量点测量 3 次。按照公式(5)和公式(6)计算五参数仪转速示值误差 Δ_{ni} 和相对示值误差 δ_{ni} 。

$$\Delta_{ni} = \overline{n_i} - n_{0i} \quad (5)$$

式中: Δ_{ni} ——第 i 测量点 ($i = 1, 2, 3, 4, 5$), 五参数仪转速示值误差, r/min;

$\overline{n_i}$ ——第 i 测量点, 五参数仪 3 次转速示值的平均值, r/min;

n_{0i} ——第 i 测量点, 发动机转速校准装置示值, r/min。

$$\delta_{ni} = \frac{\bar{n}_i - n_{0i}}{n_{0i}} \times 100\% \quad (6)$$

式中： δ_{ni} ——第*i*测量点（*i* = 1、2、3、4、5），五参数仪转速相对示值误差，%。

6.5.2 转速重复性

选 2000r/min 为测量点，重复测量 6 次，按公式(7)和公式(8)计算五参数仪转速重复性 *s* 和相对重复性 s_r 。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (n_i - \bar{n})^2}{5}} \quad (7)$$

式中：*s*——五参数仪转速重复性，r/min；

n_i ——第*i*次，五参数仪转速示值，r/min；

\bar{n} ——重复性测量 6 次转速示值的平均值，r/min。

$$s_r = \frac{s}{\bar{n}} \times 100\% \quad (8)$$

式中： s_r ——五参数仪转速相对重复性，%。

7 校准结果表达

五参数仪经校准后出具校准证书，校准记录内容见附录 A，校准证书内容见附录 B。

8 复校时间间隔

五参数仪的复校周期由用户自定，建议不超过 1 年。经过维修的五参数仪，建议重新进行校准。

附录 A

校准记录格式

第 1 页 共 2 页

记录/证书报告编号:

报检协议书/委托书编号:

样品信息	委托单位		地址/联系电话			
	样品名称		测量范围			
	型号规格		准确度等级			
	出厂编号		生产厂/商			
	样品接收时间		样品来源	<input type="checkbox"/> 送样 <input type="checkbox"/> 现场 <input type="checkbox"/> 其他		
技术依据						
计量标准	名称					
	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差				
	证书编号	有效期至				
使用的标准器						
名称	出厂编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	计量器具证书编号	有效期至	溯源机构
标准器及配套设备使用前状态是否正常: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明:						
标准器及配套设备使用后状态是否正常: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 情况说明:						
环境条件	测量地点				测量时间	
	温度(°C)				湿度(%RH)	
	其他					
结论		测量结果扩展不确定度				
其他说明						
检定(校准)人员					核验人员	

记录/证书报告编号:

报检协议书/委托书编号:

测量结果

1、温度

	1	2	3	平均值	误差
标准值					
测量值					

2、湿度

	1	2	3	平均值	误差
标准值					
测量值					

3、大气压力

	1	2	3	平均值	误差
标准值					
测量值					

4、油温

测量点	标准值	测量值	误差

5、转速

5.1 转速示值误差

标准值	测量值				绝对误差	相对误差
	1	2	3	平均值		

5.2 转速重复性

标准值	1	2	3	4	5	6	绝对重复性	相对重复性

附录 B

校准证书校准结果页格式

证书编号:

校准结果

校准项目	校准结果
温度示值误差	
湿度示值误差	
大气压力示值误差	
油温示值误差	
转速示值误差	
转速重复性	

以下空白

附录 C

机动车尾气排放检测用五参数测试仪示值误差测量不确定度评定

C.1 温度示值误差测量不确定度评定

C.1.1 测量方法

依据本校准规范对机动车尾气排放检测用五参数测试仪(以下简称五参数仪)温度示值误差进行不确定度评定。将标准温度计放置在距五参数仪温度测量单元 30cm 内,待标准温度计稳定 30min 后,读取各自示值,即可得到示值误差。

C.1.2 测量模型

$$\text{示值误差: } \Delta_{WD} = W_D - W_{D0}$$

式中, Δ_{WD} --- 五参数仪温度示值误差, $^{\circ}\text{C}$;

W_D --- 五参数仪温度示值, $^{\circ}\text{C}$;

W_{D0} --- 标准温度计示值, $^{\circ}\text{C}$ 。

方差和灵敏系数: $u^2(\Delta_{WD}) = u^2(W_D) + u^2(W_{D0})$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_{WD}}{\partial W_D} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta_{WD}}{\partial W_{D0}} = -1$$

C.1.3 标准不确定度的评定

C.1.3.1 测量重复性引入的标准不确定度

在被校五参数仪温度测量单元正常工作的前提下,标准温度计示值为 21.6°C 时,进行 10 次重复性测量,测量数据分别为 22.1°C 、 22.2°C 、 22.1°C 、 22.2°C 、 22.1°C 、 22.2°C 、 22.2°C 、 22.1°C 、 22.0°C 、 22.1°C , 则单次测量实验标准偏差为:

$$s(W_D) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (W_i - \bar{W})^2}{10 - 1}} = 0.07^{\circ}\text{C}$$

实际测量时需要测量 3 次,故由测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1(W_D) = s(W_D) / \sqrt{3} = 0.04^{\circ}\text{C}$$

C.1.3.2 仪器读数分辨力引入的标准不确定度

被校五参数仪温度示值的分辨力为 0.1°C , 其量化误差以等概率分布形式落在宽度为 0.05°C 区间内, 故其引入的标准不确定度为:

$$u_2(W_D) = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03^{\circ}\text{C}$$

C.1.3.3 标准温度计引入的标准不确定度

标准温度计的最大允许误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, 服从均匀分布, 故:

$$u(W_{D0}) = 0.1 / \sqrt{3} = 0.06^{\circ}\text{C}$$

C.1.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.1。

表 C.1 温度示值标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度符号	灵敏系数	不确定度分量
测量重复性	$u_1(W_D)$	1	0.04℃
分辨力	$u_2(W_D)$	1	0.03℃
标准温度计	$u(W_{D0})$	-1	0.06℃

C.1.5 合成标准不确定度

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：

$$u(\Delta_{WD}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_0^2} = 0.08^\circ\text{C}$$

C.1.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度为： $U(\Delta_{WD}) = k \times u(\Delta_{WD}) = 2 \times 0.08 = 0.16 \approx 0.2^\circ\text{C}$

C.2 湿度示值误差测量不确定度评定

C.2.1 测量方法

依据本校准规范对五参数仪湿度示值误差进行不确定度评定。将标准湿度计放置在距五参数仪湿度测量单元 30cm 内，待标准湿度计稳定 30min 后，读取各自示值，即可得到示值误差。

C.2.2 测量模型

$$\Delta_{SD} = S_D - S_{D0}$$

式中， Δ_{SD} --- 五参数仪湿度示值误差，%RH；

S_D --- 五参数仪湿度示值，%RH；

S_{D0} --- 标准湿度计示值，%RH。

方差和灵敏系数

$$u^2(\Delta_{SD}) = u^2(S_D) + u^2(S_{D0})$$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_{SD}}{\partial S_D} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta_{SD}}{\partial S_{D0}} = -1$$

C.2.3 标准不确定度的评定

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度

标准湿度计平均示值为 38.0%RH 时，连续独立 10 次重复测量，被校五参数仪湿度示值分别为 39.8%RH、38.5%RH、39.9%RH、38.3%RH、39.2%RH、39.1%RH、39.9%RH、39.1%RH、38.5%RH、40.3%RH，则单次实验标准偏差为：

$$s(S_D) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (S_{Di} - \bar{S}_D)^2}{10 - 1}} = 0.70\%RH$$

以 3 次测量结果平均值作为测量结果，其标准不确定度分量为：

$$u_1(S_D) = s(S_D) / \sqrt{3} = 0.40\%RH$$

C.2.3.2 仪器读数分辨力引入的标准不确定度

被校五参数仪湿度示值的分辨力为 0.1%RH，其量化误差为均匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，因此，其引入的不确定度分量为： $u_2(S_D) = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03\%RH$

C.2.3.3 标准湿度计引入的标准不确定度

标准湿度计的最大允许误差为 $\pm 1\%RH$ ，服从均匀分布，故：

$$u(S_{D0}) = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58\%RH$$

C.2.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.2。

表 C.2 湿度示值标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度符号	灵敏系数	不确定度分量
测量重复性	$u_1(S_D)$	1	0.40%RH
分辨力	$u_2(S_D)$	1	0.03%RH
标准湿度计	$u(S_{D0})$	-1	0.58%RH

C.2.5 合成标准不确定度

由于各参量不相关，故其合成相对标准不确定度为：

$$u(\Delta_{SD}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_0^2} = 0.71\%RH$$

C.2.6 扩展不确定度

取 $k = 2$ ，则扩展不确定度为

$$U(\Delta_{SD}) = k \times u(\Delta_{SD}) = 2 \times 0.71 = 1.5\%RH$$

C.3 大气压力示值误差测量不确定度评定

C.3.1 测量方法

依据本校准规范对五参数仪大气压力示值误差进行不确定度评定。将标准大气压力计放置在距五参数仪大气压力测量单元 30cm 内，待标准大气压力计稳定 30min 后，读取各自示值，即可得到示值误差。

C.3.2 测量模型

$$\Delta_{QY} = Q_Y - Q_{Y0}$$

式中， Δ_{QY} --- 五参数仪大气压力示值误差，kPa；

Q_Y --- 五参数仪大气压力示值，kPa；

Q_{Y0} --- 标准大气压力计示值，kPa。

方差和灵敏系数:

$$u^2(\Delta_{QY}) = u^2(Q_Y) + u^2(Q_{Y0})$$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_{QY}}{\partial Q_Y} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta_{QY}}{\partial Q_{Y0}} = -1$$

C.3.3 标准不确定度的评定

C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度

标准大气压力计的平均示值为 101.4kPa 时, 连续独立 10 次重复测量, 被校大气压力测量装置的示值分别为 102.0kPa、101.9kPa、102.5kPa、102.0kPa、102.0kPa、101.9kPa、102.4kPa、102.6kPa、102.7kPa、102.0kPa, 故单次测量实验标准偏差为:

$$s(Q_Y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (Q_{Yi} - \overline{Q_Y})^2}{10 - 1}} = 0.20kPa$$

以 3 次测量结果平均值作为测量结果, 其标准不确定度分量为:

$$u_1(Q_Y) = s(Q_Y) / \sqrt{3} = 0.12kPa$$

C.3.3.2 仪器读数分辨力引入的不确定度

被校大气压力测量装置的分辨力为 0.1kPa, 其量化误差为均匀分布, 取包含因子 $k = \sqrt{3}$, 因此, 其引入的不确定度分量为:

$$u_2(Q_Y) = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03kPa$$

C.3.3.3 标准大气压力计引入的标准不确定度

标准大气压力计的最大允许误差为 $\pm 0.2kPa$, 服从均匀分布, 故:

$$u(Q_{Y0}) = 0.2 / \sqrt{3} = 0.11kPa$$

C.3.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.3。

表 C.3 大气压力示值标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度符号	灵敏系数	不确定度分量
测量重复性	$u_1(S_D)$	1	0.12kPa
分辨力	$u_2(S_D)$	1	0.03kPa
标准大气压力计	$u(S_{D0})$	-1	0.11kPa

C.3.5 合成标准不确定度

由于各参量不相关, 故其合成标准不确定度为:

$$u(\Delta_{QY}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_0^2} = 0.17kPa$$

C.3.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U(\Delta_{QV}) = k \times u(\Delta_{QV}) = 2 \times 0.17 = 0.4 \text{ kPa}$$

C.4 油温示值误差测量不确定度评定

C.4.1 测量方法

依据本校准规范对五参数仪油温示值误差进行不确定度评定。将标准温度计的铂电阻传感器和五参数仪的油温测量单元同时放置在油恒温槽中相近处，稳定 30min 后，读取各自示值，即可得到示值误差。

C.4.2 测量模型

示值误差： $\Delta_{YW} = Y_W - Y_{W0}$

式中， Δ_{YW} --- 五参数仪油温示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

Y_W --- 五参数仪油温示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

Y_{W0} --- 标准温度计示值， $^{\circ}\text{C}$ 。

方差和灵敏系数：

$$u^2(\Delta_{YW}) = u^2(Y_W) + u^2(Y_{W0})$$

$$c_1 = \frac{\partial \Delta_{YW}}{\partial Y_W} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta_{YW}}{\partial Y_{W0}} = -1$$

C.4.3 标准不确定度的评定

C.4.3.1 测量重复性引入的标准不确定度

在被校五参数仪油温测量单元正常工作的前提下，标准温度计示值为 70.0°C 时，进行 10 次重复性测量，测量数据分别为 70.1°C 、 70.5°C 、 69.5°C 、 70.1°C 、 70.3°C 、 69.8°C 、 70.3°C 、 69.7°C 、 70.4°C 、 69.9°C ，则单次测量实验标准偏差为：

$$s(Y_W) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (Y_i - \bar{Y})^2}{10 - 1}} = 0.33^{\circ}\text{C}$$

实际测量时需要测量 3 次，故由测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_1(Y_W) = s(Y_W) / \sqrt{3} = 0.19^{\circ}\text{C}$$

C.4.3.2 仪器读数分辨力引入的标准不确定度

被校五参数仪油温示值的分辨力为 0.1°C ，其量化误差以等概率分布形式落在宽度为 0.05°C 区间内，故其引入的标准不确定度为：

$$u_2(Y_W) = 0.05 / \sqrt{3} = 0.03^{\circ}\text{C}$$

C.4.3.3 标准温度计引入的标准不确定度

标准温度计的最大允许误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布，故：

$$u_3(Y_W) = 0.1 / \sqrt{3} = 0.06^{\circ}\text{C}$$

C.4.3.4 油恒温槽引入的标准不确定度

油恒温槽的最大允许误差为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布，故：

$$u_2(Y_w) = 0.5 / \sqrt{3} = 0.29^\circ\text{C}$$

C.4.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.4。

表 C.4 油温示值标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度符号	灵敏系数	不确定度分量
测量重复性	$u_1(Y_w)$	1	0.19°C
分辨力	$u_2(Y_w)$	1	0.03°C
标准温度计	$u_1(Y_{w0})$	-1	0.06°C
油恒温槽	$u_2(Y_{w0})$	-1	0.29°C

C.4.5 合成标准不确定度

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：

$$u(\Delta_{yw}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_{01}^2 + u_{02}^2} = 0.36^\circ\text{C}$$

C.4.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度为： $U(\Delta_{yw}) = k \times u(\Delta_{yw}) = 2 \times 0.36 = 0.8^\circ\text{C}$

C.5 转速示值误差测量不确定度评定

C.5.1 测量方法

依据本校准规范对五参数仪转速示值误差进行不确定度评定。将五参数仪的转速传感器放在发动机转速校准装置规定的位置，将发动机转速校准装置设定为规定的转速值，同时读取五参数仪的转速示值，即可得到示值误差。

C.5.2 测量模型

相对示值误差：

$$\delta_n = \frac{n - n_0}{n_0} \times 100\%$$

式中： δ ——五参数仪转速相对示值误差，%；

n ——五参数仪转速示值，r/min；

n_0 ——发动机转速校准装置示值，r/min。

方差和灵敏系数：

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

$$c_1 = \frac{\partial \delta_n}{\partial n} = \frac{1}{n_0}; \quad c_2 = \frac{\partial \delta_n}{\partial n_0} = -\frac{n}{n_0^2}$$

C.5.3 标准不确定度的评定

C.5.3.1 测量重复性引入的标准不确定度

在被校五参数仪转速测量单元正常工作的前提下, 发动机转速校准装置示值为 1500r/min 时, 进行 10 次重复性测量, 测量数据分别为 1490r/min、1490r/min、1480r/min、1490r/min、1480r/min、1490r/min、1490r/min、1490r/min、1490r/min、1490r/min, 则单次测量实验标准偏差为:

$$s(n) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (n_i - \bar{n})^2}{10 - 1}} = 4.2 \text{ r/min}$$

实际测量时需要测量 3 次, 故由测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_1(n) = s(n) / \sqrt{3} = 2.4 \text{ r/min}$$

C.5.3.2 仪器读数分辨力引入的标准不确定度

被校五参数仪转速示值的分辨力为 1r/min, 其量化误差以等概率分布形式落在宽度为 0.5 r/min 区间内, 故其引入的标准不确定度为:

$$u_2(n) = 0.5 / \sqrt{3} = 0.3 \text{ r/min}$$

C.5.3.3 发动机转速校准装置引入的标准不确定度

发动机转速校准装置的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$, 在标准转速值为 1500r/min 时, 故:

$$u(n_0) = \frac{1500 \times 0.2\%}{\sqrt{3}} = 1.8 \text{ r/min}$$

C.5.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.5。

表 C.5 转速示值标准不确定度分量一览表

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	测量重复性	$u_1(n)$	2.4r/min	u_1	$\frac{1}{n_0}$	0.16%
2	分辨力	$u_2(n)$	0.3r/min	u_2	$\frac{1}{n_0}$	0.02%
3	转速校准装置	$u(n_0)$	1.8r/min	u_0	$-\frac{n}{n_0^2}$	0.12%

注: 计算中 n_0 为 1500r/min, n 为 10 次测量值的平均值 1488r/min。

C.5.5 合成标准不确定度

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:

$$u_c(\delta_n) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_0^2} = 0.2\%$$

C.5.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_{rel}(\delta_n) = k \times u_c(\delta_n) = 2 \times 0.2\% = 0.4\%$$
