

湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) XXX—20XX

转速装置校准规范

Calibration Specification for Equipment for

Revolution Speed

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

湖北省市场监督管理局 发布

转速装置校准规范

Calibration Specification for
Equipment for Revolution Speed

JJF (鄂) XXX-20XX

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：武汉市计量标准质量研究院

参加起草单位：襄阳市公共检验检测中心

本规范委托武汉市计量标准质量研究院负责解释

本规范主要起草人：

贺 勇 （武汉市计量标准质量研究院）
赵 进 （武汉市计量标准质量研究院）
黄 颀 （武汉市计量标准质量研究院）
陈 明 （武汉市计量标准质量研究院）

参加起草人：

王江景 （武汉市计量标准质量研究院）
刘 静 （武汉市计量标准质量研究院）
李万娟 （武汉市计量标准质量研究院）
王会珍 （武汉市计量标准质量研究院）
李拥军 （襄阳市公共检验检测中心）

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 示值误差	(2)
5.3 示值变动性	(2)
5.4 重复性	(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 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 转速装置校准结果记录参考格式	(7)
附录 B 转速装置证书内页参考格式	(8)
附录 C 转速装置示值误差测量不确定度评定示例	(9)

引 言

本规范根据 JJF1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF1094—2002《测量仪器特性评定》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》等,结合我国目前转速标准装置的实际使用情况,对 JJF(鄂) 17—2014《转速装置校准规范》进行修订,是实现转速量值有效溯源的技术保证。

本规范与 JJF (鄂) 17—2014 相比,除编辑性修改外主要技术变化如下:

——增加了引言;

——调整了概述、引用文件、术语部分;

——调整了转速测量范围;

——调整了校准用标准装置的准确度等级及测量范围,保持地方校准规范与国家计量技术法规的一致性;

——调整了原规范转速装置的示值校准点由转速装置测量范围内均匀选择 5 个校准点改为参考所使用的转速表等级选点;

——原规范转速装置的示值误差计算由磁电式、电子计数式分类改为根据测量方式分为接触式和非接触式两种,其示值变动性也作相应调整了通用技术要求;

——修改了转速装置的测量结果不确定度的内容;

——删除了声噪声的校准项目;

——明确了校准结果的处理;

——调整了附录。

本规范的历次版本发布情况为:

JJF (鄂) 17—2014《转速装置校准规范》。

转速装置校准规范

1 范围

本规范适用于转速测量范围为(10~60000) r/min 的转速装置(以下简称装置)的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJG 326—2021 转速标准装置检定规程

JJG 105—2019 转速表检定规程

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

3.1 转速装置 headspace sampler

带有转速控制、测量、显示系统的机械旋转装置,例如转速标准装置、转速校验台/装置、转速测控装置等。转速的符号为 n , 计量单位为转/分(r/min)。

3.2 示值误差 heating oven

转速装置的转速稳定状态下,各测量点实测转速的平均值与转速装置设定值之差。

3.3 示值变动性 steady state

转速装置的转速稳定状态下,对同一被测转速量进行多次重复读数,其示值的最大变化量。

4 概述

转速装置主要指用于各种机械自动化装置的转速测量装置。

转速装置主要由转速源(通常使用可控旋转电机、步进电动机或空心杯电动机);变速器(通常由齿轮箱或其他调速设备构成,以产生宽范围的转速);控制系统采用闭环控制或开环控制,用于保证标准转速输出的准确度和稳定性;测量和显示系统(传感器和磁电式转速表或转速数字显示仪等)。

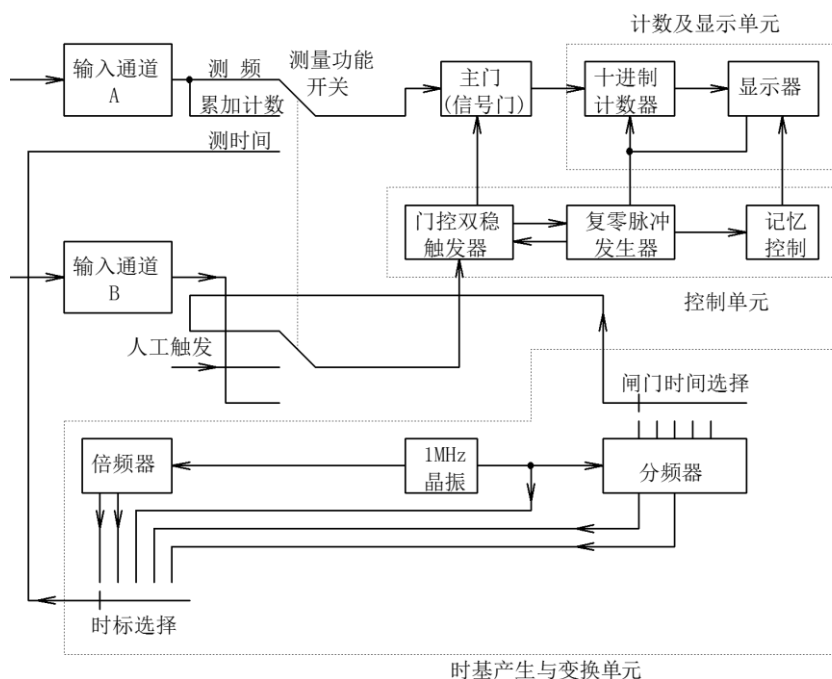


图 1 转速装置结构示意图

5 计量特性

5.1 测量范围：(30~30000) r/min

5.2 示值误差：±0.1%及以下。

5.3 示值变动性：0.1%及以下。

5.4 重复性：0.1%及以下。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(0~40)℃；相对湿度：≤85%。

6.1.2 交流电源：(220±22)V 或 (380±38)V；电网频率：(50±2.5)Hz。

6.1.3 周围无影响正常工作的环境噪声、电磁干扰及腐蚀性气、液体。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 转速测量仪：测量范围 (10~60000) r/min，准确度等级 0.01 级。

6.2.2 光电式数字转速表：测量范围 (100~20000) r/min，准确度等级 0.05 级及以下。

6.2.3 接触式数字转速表：测量范围 (100~8000) r/min，准确度等级 0.1 级及以下。

6.2.4 频闪式数字转速表：测量范围 (200.0~19999) r/min，准确度等级 0.05 级及以下。

6.2.5 电子秒表：测量范围 0~24h, 日差 MPE: $\pm 0.5\text{s/d}$ 。

注：1、以上指标不适用于合格性判别，仅供参考。

2、根据转速装置在不同的应用场景和功能，不同的误差要求，允许选择上述合适的计量器具和适当的测量方式进行校准。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

转速装置校准项目见表 1。

表 1 转速装置校准项目

序号	校准项目
1	外观及功能的检查
2	测量范围
3	示值误差
4	示值变动性
5	重复性
6	测量结果不确定度

7.2 校准方法

校准前，应对被校转速装置进行外观与功能检查：确认设备外壳完好、标识清晰、连接部件无松动；通电后自检正常，无报错或异常状态。排除影响计量特性的外观缺陷、功能故障及安装隐患后，方可按规定流程实施校准。

7.2.1 外观

7.2.1.1 装置应有铭牌，标明产品名称、规格型号、最大转速、出厂日期、出厂编号和生产厂家；

7.2.1.2 转速标准装置外形结构应完好，无影响正常工作的机械损伤。其开关，按键等操作灵活可靠，标志清晰明确，输出输入插座应无松动，显示清晰完整。

7.2.1.3 装置不得有危及人身安全的故障，且不得有明显漏油现象。

7.2.2 功能及运转

7.2.2.1 装置的传动系统在工作时，转动应平稳；各连接件应牢固、可靠。

7.2.2.2 装置应有可观察到旋转部位的窗口。

7.2.2.3 可调速装置在整个调速范围内应能固定点调速或连续均匀进行无级调速。

7.2.3 校准过程

7.2.3.1 转速装置的校准方式

- a) 采用橡胶锥体或橡胶圆轮与转速装置直接接触，同步测量转速装置的转速。
- b) 采用光电式或频闪式时应在被校转速装置的转轴或相关转速部位上设置反光标志，转速测量仪(或转速表)能正常接收到转速装置上旋转的反光靶上反射的信号；
- c) 采用磁电式时应将传感器与被测转速装置的相关部位垂直距(1~3)mm 并固紧，转动转速装置，传感器能接收被测转速装置发射来的相关信号。
- d) 在转速装置的转速 $\leq 100\text{r/min}$ 时，可采用电子秒表计时 60s，并在转速装置转速部件上均匀画分十个区，确定起始点后测量转速装置的转速。

7.2.3.2 校准点的选择

作为常规校准，根据所校转速装置工作范围内选择校准点，一般选择 5 或 6 个校准点（包括下限值和上限值）；在使用 0.05 级或 0.1 级的非接触式转速表时一般选择 100 r/min、300 r/min、500 r/min、10000 r/min 和 20000 r/min 作为校准点；使用（0.5~1）级的非接触式转速表或（0.1~2）级接触式转速表选择 100 r/min、300 r/min、500 r/min、1000 r/min、3000 r/min 和 8000 r/min 作为校准点；转速测量仪对被校转速装置进行测量时，选择 30 r/min、100 r/min、300 r/min、5000 r/min、10000 r/min 和 30000 r/min 作为校准点；使用秒表可对 100r/min 以下的装速装置进行计时读数式测量。在线校准时，可以根据客户需要选择转速校准点。

7.2.3.3 试运转

首先将转速测量仪（或转速表）和被检转速装置按说明书操作进行预热及安装，调整好转速传感器，并确认能正常接收转速信号。然后，选定最低和最高两个校准点按说明书操作进行被检转速装置试运转，如被检转速装置能够正常输出转速设定值，准备进行转速示值校准。

7.3 数据处理

7.3.1 示值误差、示值变动性及重复性校准：将被校转速装置分别调到校准点的转速值，在同一校准点上连续读取并记录被校转速装置的十个显示值。

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N} \quad (1)$$

$$\Delta n = \frac{(\bar{n} - n_0)}{\bar{n}} \times 100\% \quad (2)$$

$$s_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (n_i - \bar{n})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

$$b = \frac{(n_{\max} - n_{\min})}{\bar{n}} \times 100\% \quad (4)$$

式中： $\bar{n}$ —— 校准点的转速测量平均值，r/min；

n_i —— 校准点第 i 次的转速测量值，r/min；

N —— 校准点的测量次数， $N=10$ ；

Δn —— 转速装置相对示值误差，%；

s_N —— 校准点 N 次转速测量值的重复性，r/min；

n_0 —— 校准点标称值，r/min；

b —— 校准点的示值变动性，%。

7.3.2 以最低和最高两个校准点确定的转速范围为被检转速标准装置的测量范围。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识（如型号、编号）；
- g) 校准日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识（即本规范名称及编号）；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量不确定度（如客户要求）；
- l) 对校准规范的偏离的说明；

- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- n) 校准人和核验人签名;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校间隔时间为 1 年, 使用特别频繁时应适当缩短。设备在使用过程中经过修理后需要重新进行校准。

附录 A

转速装置校准结果记录参考格式

委托单位		委托单位地址				
计量器具名称		型号规格		出厂编号		
制造单位				记录编号		
校准技术依据		校准地点		检定日期		
主标准器名称	型号/规格	测量范围	出厂编号	不确定度/准确度等级/最大允许误差	溯源机构及证书编号	有效期至
温度		湿度		校准员	核验员	

一、外观及运转检查：_____。

二、示值校准：

装置转速值(r/min)						
实际转速值	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
$\bar{n}$ (r/min)						
Δn (%)						
s_N (%)						
b (%)						
$U_{rel}(k=2)$ (%)						

附录 B

转速装置校准证书内页参考格式

校 准 结 果

装置转速值 (r/min)	项目及测量结果	
	相对示值误差 (%)	
	重复性 (r/min)	
	示值变动性 (%)	
	扩展不确定度 U_{rel} ($k=2$) (%)	

附录 C

转速装置示值误差测量不确定度评定示例

C.1 数学模型

将转速测量仪（或转速表）对被校准的转速装置直接进行测量，当转速装置输出某一固定转速值时，读取转速测量仪（或转速表）相应示值，按公式（1）计算转速装置的示值误差，转速装置输出的标称值、转速测量仪（转速表）示值为输入量，转速装置示值误差为输出量的数学模型。

$$\delta = \frac{n_0 - \bar{n}}{\bar{n}} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中： δ —— 为测量点的转速示值误差（%）；
 n_0 —— 校准点标称值，r/min；
 $\bar{n}$ —— 测量点的测量平均值（r/min）。

C.2 方差和灵敏系数

依据方程：

$$u_c^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (\text{C.2})$$

式（1）中 n_0 和 $\bar{n}$ 为非相关量，则方差：

$$u_c^2 = c_1^2(n_0)u^2(n_0) + c_2^2(\bar{n})u^2(\bar{n})$$

式中灵敏系数： $c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial n_0} = 1$ $c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{n}} = -1$

C.3 标准不确定度分量评定

C.3.1 转速装置引入的不确定度

转速装置 n_0 的不确定度主要来源于转速装置的测量结果重复性和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取 A 类评定方法评定。转速装置及转速测量仪（或转速表）正常工况条件下，在转速装置标称值为 30r/min 时，读取转速测量仪（或转速表）相应示值。重复测量 10 次测量结果如表一所示，测量数据经处理得单次实验标准差 S：

标准值 (r/min)	测量值 (r/min)										平均值 (r/min)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
30	30.000 68	30.000 23	29.999 39	29.997 02	30.000 27	29.999 96	30.000 32	29.998 46	29.997 85	29.999 35	29.999353

$$s_N = \sqrt{\frac{\sum (n_i - \bar{n})^2}{n - 1}} = 0.00121r / \min$$

$$\sigma_a = \frac{s_N}{\sqrt{Nn}} \times 100\% = \frac{0.00121}{\sqrt{10} \times 29.999353} \times 100\% \approx 0.013\%$$

$$\sigma_b = \frac{a}{\sqrt{3n}} \times 100\% = \frac{0.05}{\sqrt{3} \times 29.999353} \times 100\% \approx 0.096\%$$

式中: $\bar{n}$ —— 校准点 10 次校准值的平均值, r/min;

n_i —— 校准点 10 次校准值, r/min;

N —— 校准点的测量次数, $N=10$;

s_N —— 校准点 N 次转速测量值的重复性, r/min;

n_0 —— 校准点标称转速, r/min;

σ_a —— 校准点 N 次测量平均值的相对标准不确定度, %;

a —— 校准点转速装置的显示分辨率半宽, r/min;

σ_b —— 校准点由所测转速装置的分辨率半宽引入的相对标准不确定度, %。

由于转速装置显示分辨力和示值重复性对测量不确定度的贡献存在重复, 因此, 在这两个分量在计算合成不确定度时, 只取其中的最大值。

$$u(n_0) = \sigma_b = 0.096\%$$

C.3.2 转速测量仪 (或转速表) 引入的标准不确定度分量 $u(\bar{n})$

高精度多功能标准转速测量仪在 (10~60000) r/min 范围内, 检定证书给出最大误差为 $\pm 0.005\%$, 取半宽, 按均匀分布计算, 则:

$$u(\bar{n}) = \frac{0.005\%}{\sqrt{3}} = 0.0029\%$$

C.4 合成标准不确定度

C.4.1 主要标准不确定度汇总表见表 C.1。

表 C.1 转速装置示值误差标准不确定度汇总表

不确定度来源（ x_i ）	$a_i(\%)$	$ c_i $	$u(x_i)$
转速装置 $u(n_0)$	0.096	1	0.096%
高精度多功能标准转速测量仪 $u(\bar{n})$	0.0029	-1	0.0029%

C.4.2 合成标准不确定度的计算

由于各不确定度分量相互独立，则合成标准不确定度按下式计算：

$$u_c = \sqrt{0.096^2 + 0.0029^2} = 0.1\%$$

C.4.3 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，转速装置示值误差的扩展不确定度为：

$$U_{rel}=k \times u_c$$

该转速装置示值误差测量结果在 30r/min 时为最大，故其扩展不确定度为

$$U_{rel} = 0.2\% \quad (k = 2)$$

JJF (鄂) XXX-XXXX