



中华人民共和国国家计量技术规范

JJFxxx-20xx

电涡流传感器校验仪校准规范

Calibration Specification for calibrator of eddy current sensor

(征求意见稿)

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

国家市场监督管理总局 发布

电涡流传感器校验仪

校准规范

Calibration Specification for calibrator
of eddy current sensor

JJF xxx-202x

归口单位：全国振动冲击与转速计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范由全国振动冲击与转速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	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 计量特性	2
4.1 速值示值误差	2
4.2 转速稳定性	2
4.3 动态位移示值误差	2
5 校准条件	2
5.1 环境条件	2
5.2 测量标准及其他设备	2
6 校准项目和校准方法	3
6.1 校准项目	3
6.2 校准方法	3
7 校准结果表达	4
7.1 校准结果的不确定度评定	4
7.2 校准结果的表达	4
8 复校时间间隔	5
附录 A	6
附录 B	7
附录 C	8
附录 D	10

引 言

本规范依据 JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度的评定与表示》、JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1094《测量仪器特性评定》为基础性系列规范进行编制。

本规范主要参考 JJG 21《千分尺》、JJG 34《指示表（指针式、数显式）》、JJG 644《振动位移传感器》、JJG 676《测振仪》等计量技术规范。

本规范为首次发布。

电涡流传感器校验仪校准规范

1 范围

本规范适用于电涡流传感器校验仪的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 21 千分尺

JJG 34 指示表（指针式、数显式）

JJG 105 转速表

JJG 644 振动位移传感器

JJG 676 测振仪

JJG 1062 便携式振动校准器

JJF 1156 振动冲击转速计量术语及定义

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 概述

电涡流传感器校验仪（以下简称“校验仪”）可模拟旋转机械运动，对被校电涡流传感器的转速、位移参数进行校准，也可对传感器所连接的测量、监测和记录系统进行校准。

校验仪主要由电机驱动的圆形斜盘及千分表组成的位移校准器两部分装置组成，分别用于电涡流传感器动态和静态性能的校准。两部分装置都采用相同金属材料作为靶平面，可以根据需要替换成与实际转子相同材质作为靶平面，靶平面与电涡流传感器产生涡流效应。其中用于动态校准的电机驱动斜盘机构如图 1 所示，因为斜盘面与电机转轴的角度不成 90° ，电机旋转带动斜盘转动在电涡流传感器上产生间隙变化，当传感器对准斜盘中心时产生最小振动位移，传感器对准斜盘边缘时产生最大振动位移，千分表组成的位移校准器用于电涡流传感器的静态位移校准。



图 1 结构示意图

4 计量特性

4.1 速值示值误差

4.2 转速稳定性

4.3 动态位移示值误差

千分表组成的位移校准器的校准项目参考 JJG 21 千分尺和 JJG 34 指示表（指针式、数显式）。

5 校准条件

5.1 环境条件

- (1) 温度：(23±5) °C；
- (2) 相对湿度：≤85%；
- (3) 电源电压：220V±22V；
- (4) 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械振动。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准技术指标要求如表 1 所示：

表 1 测量标准技术指标

序号	校准项目	主要校准设备		
		名称	技术要求	备注
1	转速示值误差	转速表	测量不确定度优于被校准对象 不确定度的 1/3	
2	转速稳定性			
2	动态位移示值误差	测振仪	幅值频率响应：±2%； 幅值线性度：±2%； 频率最大允许误差：±0.5%。	一次元件应采用非接触式振动传感器
		数字电压表 (可选)	交流电压测量最大允许误差： ±0.2%	

备注：测振仪中所采用的非接触式振动传感器推荐采用电涡流式传感器、激光干涉仪等。如果采用电涡流传感器，由于斜盘面积有限，为了保证计量的准确性，所用电涡流传感器探头直径尽量采用 8mm 以内的，校准时保证探头与斜盘间隙约为 1mm-1.2mm 之间。

千分表组成的位移校准器的校准，所用测量标准参考 JJG 21 千分尺和 JJG 34 指示表（指针式、数显式）。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

电涡流传感器状态校验仪校准项目见表 2

表 2 校准项目

序号	校准项目	计量特性条款号	校准项目对应条款号
1	转速示值误差	4.1	6.2.2
2	转速稳定性	4.2	6.2.3
3	动态位移示值误差	4.3	6.2.4

千分表组成的位移校准器的校准项目参考 JJG 21 千分尺和 JJG 34 指示表（指针式、数显式）。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

校验仪上应有铭牌，出厂型号、编号、制造厂名。校验仪测量靶平面应光洁、无明显毛刺和划痕等其他瑕疵，出厂的技术指标应给出位移测量范围、转速范围、最大允许误差、测量表面材质及工作温度等技术指标。

6.2.2 转速示值误差的校准

将校验仪开机预热半小时以上，在其斜盘面上贴一块反光纸，将转速表固定可靠，将其探头部分对准反光纸。选择校验仪转速上下限在内的不少于 8 个点进行校准（推荐的校准点包括 100r/min、200r/min、500r/min、1000r/min、2000r/min、3000r/min、3600r/min、4000r/min、5000r/min），调整校验仪转速至各校准点，待转速输出稳定后，在同一校准点连续读取 3 次转速测量仪器示值，计算其平均值 \bar{n} ，按公式（1）可计算出各点转速示值误差：

$$\delta = n_0 - \bar{n} \quad (1)$$

式中, δ —转速示值误差, r/min;

n_0 —校验仪的标称值, r/min;

\bar{n} —转速表的测量平均值, r/min。

6.2.3 转速稳定性

转速稳定性与转速示值校准同时进行, 每个转速校准点测量时间为 10min, 每隔 1min 记录一次转速值, 共记录 10 次, 转速变动性按公式 (2) 计算:

$$\delta_n = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{\bar{n}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: δ_n —转速稳定性, %;

n_{\max} —各校准点 10 次测量中的最大值, r/min;

n_{\min} —各校准点 10 次测量中的最小值, r/min;

\bar{n} —各校准点平均值, r/min;

6.2.4 动态位移示值误差

采用电涡流传感器作为测振仪一次元件为例, 将电涡流传感器探头安装在校验仪之上, 校验仪转速调至任意转速点 (推荐 3000r/min, 3600r/min), 调整校验仪动态位移至各校准点, 选择上下限在内的不少于 7 个点进行校准 (推荐的校准点包括 20 μ m、50 μ m、100 μ m、125 μ m、254 μ m、300 μ m、400 μ m) 记录测振仪测量值, 按公式 (3) 可计算出各点动态位移示值误差:

$$e = d_0 - d \quad (3)$$

式中, e —动态位移示值误差, μ m;

d_0 —校验仪的标称值, μ m;

d —测振仪的测量值, μ m。

千分表组成的位移校准器的校准方法参考 JJG 21 千分尺和 JJG 34 指示表 (指针式、数显式)。

7 校准结果表达

7.1 校准结果的不确定度评定

校准结果的不确定度评定见附录 A 和 B。

7.2 校准结果的表达

校准结果应在校准证书上反映, 校准证书应至少包括以下信息:

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) 证书与报告的唯一性标识 (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;
 - g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
 - h) 校准所依据的技术规范的标识, 包含名称及代号;
 - 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) 校准结果及其测量不确定度的说明;
 - l) 对校准规范的偏离的说明;
 - m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识;
 - n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
 - o) 未经实验室书面批准, 不得部分复印证书或报告的声明。
- 推荐校准揭露格式见附件 C, 校准证书内页格式见附录 D。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由使用情况、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的时间间隔, 建议不超过 1 年。如果对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后应对仪器重新校准。

附录 A

转速示值误差校准结果不确定度评定示例

A.1 测量方法

将校验仪转速调至 3000r/min，用转速表测量 10 次转速值。

A.2 测量模型

校验仪转速示值误差表示如下：

$$\delta = n_0 - \bar{n} \quad (\text{A.1})$$

δ —转速示值误差，r/min；

n_0 —校验仪的标称值，r/min；

\bar{n} —转速表的测量平均值，r/min。

A.3 标准不确定度分量

A.3.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

对校验仪各设定点转速的示值进行 10 次重复测量，采用 A 类评定贝塞尔公式，以 3000r/min 校准点为例，测量结果如下：

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
转速 (r/min)	2999.90	3000.13	3000.20	2999.84	3000.14	2999.92	2999.89	3000.18	3000.24	3000.15

$$\bar{n} = 3000.06 \text{ r/min}, \quad s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (n_i - \bar{n})^2 / (10 - 1)} = 0.15 \text{ r/min},$$

$$\text{实际测量时只测量 3 次，则 } u_1 = \frac{s}{\sqrt{3} \times \bar{n}} = 0.003\%。$$

A.3.2 标准仪器引入的不确定度 u_2

采用 B 类评定，本次校准采用的转速表最大允许误差为 $\pm 0.05\%$ ，为匀分布，则标准器引入的标准不确定度分量为：

$$u_2 = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.029\%$$

A.4 合成标准不确定度

$$u_c(\delta) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.03\%$$

A.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_c(\delta) = 2 \times u_c(\delta) = 0.06\%$$

附录 B

动态位移示值误差校准结果不确定度评定示例

B.1 测量方法

将校验仪动态位移设定至 200 μm ，并将转速调节至 3000r/min，用测振仪进行 10 次测量。

B.2 测量模型

校验仪动态位移示值校准结果表示如下：

$$e = d_0 - \bar{d} \dots\dots\dots(B.1)$$

e —动态位移示值误差， μm ；

d_0 —校验仪的标称值， μm ；

\bar{d} —测振仪测量平均值， μm 。

B.3 标准不确定度分量

B.3.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

对校验仪各设定点动态位移示值进行 10 次重复测量，采用 A 类评定贝塞尔公式，以 200 μm 校准点为例，测量结果如下：

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
动态位移(μm)	201	205	200	204	208	198	195	210	201	194	201.6

$$\bar{d} = 201.6 \mu\text{m}, \quad s = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (d_i - \bar{d})^2 / (10 - 1)} = 5 \mu\text{m},$$

实际测量时只测量 1 次，则 $u_1 = s / \bar{d} = 2.6\%$ 。

B.3.2 标准仪器引入的不确定度 u_2

采用 B 类评定，本次校准采用的标准测振仪最大允许误差为 $\pm 2\%$ ，为匀分布，则标准器引入的标准不确定度分量为：

$$u_2 = \frac{2\%}{\sqrt{3}} = 1.2\%$$

B.4 合成标准不确定度

$$u_c(e) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 3\%$$

B.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U_c(e) = 2 \times u_c(e) = 6\%$$

附录 C

校准记录格式(参考)

送校单位				地址			
仪器名称				型号/规格			
制造厂				出厂编号			
校准用标准器	名称	型号/规格/编号		标准器不确定度/准确度等级/最大允许误差		证书编号/证书有效期	
环境条件		温度 °C； 相对湿度 %		校准地点			
校准技术依据							

校准项目：

1. 转速示值和转速稳定性

校准点	测量值 (r/min)											转速稳定性	扩展不确定度 $U_r(k=2)$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值			

2. 动态位移示值

校准点	测量值 (μm)											扩展不确定度 $U_r(k=2)$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值		

千分表组成的位移校准器的校准记录格式参考 JJG 21 千分尺和 JJG 34 指示表（指针式、数显式）。

附录 D

校准证书内页格式

校准结果:

1. 转速示值和转速稳定性

校准项目 校准点	转速示值 r/min	转速稳定性 %	扩展不确定度 $U_r(k=2)$ %

2. 动态位移示值

校准项目 校准点	动态位移示值 μm	扩展不确定度 $U_r(k=2)$ %

千分表组成的位移校准器的校准证书内页格式参考 JIG 21 千分尺和 JIG 34 指示表（指针式、数显式）。