

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 124—2022

煤矿用速度传感器校准规范

Calibration Specification for Speed Sensor Used in Coal Mine

2022—01—04 发布

2022—02—15 实施

安徽省市场监督管理局发布

煤矿用速度传感器
校准规范

Calibration Specification for
Speed Sensor Used in Coal Mine

JJF (皖) 124-2022

归口单位：安徽省市场监督管理局

主要起草单位：淮南市计量测试检定所

寿县市场监督检验所

淮南市财政局信息中心

本规范委托淮南市计量测试检定所负责解释

本规范主要起草人：

贾永康（淮南市计量测试检定所）

丁 成（淮南市计量测试检定所）

方建国（寿县市场监督检验所）

孔 菊（淮南市财政局信息中心）

谢 璇（淮南市计量测试检定所）

参加起草人：

李 顺（淮南市计量测试检定所）

赵桂祥（淮南市计量测试检定所）

吕晓梅（淮南市计量测试检定所）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 示值误差	(2)
5.2 回程误差	(2)
5.3 重复性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 计量标准器及配套设备	(2)
7 校准项目及校准方法	(3)
7.1 外观及结构检查、绝缘电阻测量	(3)
7.2 校准前准备	(3)
7.3 校准	(4)
8 校准结果的表达	(5)
9 复校时间间隔	(6)
10 附录	(7)
附录 A 校准原始记录格式	(7)
附录 B 校准证书内页格式	(8)
附录 C 示值误差测量结果不确定度评定示例	(9)

引 言

本规范依据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》进行编写。本规范主要参考了 MT/T 531—1995《煤矿用速度传感器》相关内容。

本规范为首次发布。

煤矿用速度传感器校准规范

1 范围

本规范适用于符合 MT/T 531-1995《煤矿用速度传感器》行业标准，用于测量带式输送机皮带速度的测量范围为(0~10) m/s 的煤矿用速度传感器及配套显示仪表(以下简称“传感器”)的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

MT/T 209—1990 煤矿通讯、检测、控制用电工、电子产品通用技术要求

MT/T 531—1995 煤矿用速度传感器

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于该规范；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 皮带速度 belt speed

指皮带表面任意点行进方向上的线速度，计量单位为米/秒(m/s)。

3.2 滚筒转速 rotation speed of the drum

指单位时间内主滚筒的转数(r)，计量单位为转/分(r/min)。

3.3 标准速度 standard speed

滚筒表面任意切线方向的线速度，为主滚筒的周长与转速的乘积，计量单位为米/秒(m/s)。

4 概述

矿用速度传感器是安装在带式输送机的机架上，通过磁电感应、光电感应、霍尔元件等方式测量皮带速度，经内部电路将其转化为电信号的计量器具。常见的输出信号有频率型、电流型、数字型等。

5 计量特性

5.1 示值误差

速度传感器的最大允许误差和准确度等级如表 1 所示：

表 1 最大允许误差和准确度等级

准确度等级	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
最大允许误差 (%FS)	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5

5.2 回程误差

传感器的回程误差应不超过最大允许误差。

5.3 重复性

传感器的重复性应不超过最大允许误差绝对值的三分之二。

注：1.以上计量特性仅作为参考使用，不用于合格性判定。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：(5~35) °C

6.1.2 湿度：不大于 85%RH

6.1.3 校准设备周围应无热源、强电磁场和放射性源等外界干扰，且周围不应有明显的振动。

6.2 计量标准器及配套设备

6.2.1 标准速度发生装置（结构见图 1）

6.2.1.1 转速计

测量范围不低于 (10~1000) r/min，最大允许误差±0.05%。

6.2.1.2 滚筒

主滚筒周长 L 一般不小于 1m, 具体以实际测量为准。

滚筒由变频电机驱动，为传输皮带提供稳定可控的标准速度；电机、滚筒与皮带可靠连接，不打滑跑偏；配套设备预留速度传感器固定工位，保证待校准传感器可稳定测量皮带速度。

6.2.2 输出信号测量装置

6.2.2.1 频率计

频率测量范围 (0~2000) Hz; 最大允许误差 $\pm 0.05\%$ 。

6.2.2.2 直流电流表

电流测量范围 (0~500) mA, 最大允许误差 $\pm 0.5\%$ 。

6.2.3 绝缘电阻表

输出电压 500V, 测量范围 (0~500) M Ω , 准确度等级不低于 10.0 级。

6.2.4 直流稳压电源

电压输出 (0~30) V, 电流输出 (0~2) A。

7 校准项目及校准方法

7.1 外观及结构检查、绝缘电阻测量

传感器铭牌应完整、清晰, 并具有制造厂商名称、型号、编号、测量范围、准确度等级等信息; 传感器零部件应完好无损, 紧固件不得有松动和损伤现象。

断电情况下, 用绝缘电阻表分别测量传感器电源输入正接口、负接口、信号端同金属外壳或外壳裸露金属部件之间的绝缘电阻, 取其最小值为传感器的绝缘电阻值。传感器正常工作环境下的绝缘电阻应不小于 10M Ω 。

7.2 校准前准备

将传感器安装在标准速度发生装置上, 不应出现打滑、共振情况。按传感器说明书所需额定电压调整直流稳压电源的输出电压, 将传感器正负接线端子接入电源, 打开电源开关, 通电预热不少于 10 分钟方可进行校准。

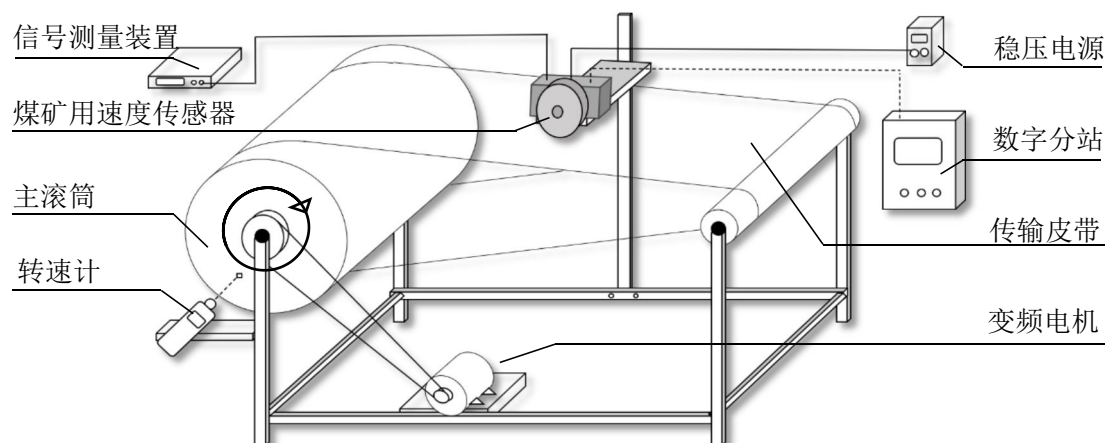


图 1 标准速度发生装置及校准示意图

7.3 校准

7.3.1 标准速度计算

校准时，使用转速计测得滚筒转速 R ，则标准速度按下式 (1) 计算得出：

$$V_0 = \frac{LR}{60} \quad (1)$$

式中：

V_0 ——标准速度，m/s；

L ——滚筒周长，m；

R ——滚筒转速，r/min。

7.3.2 标准速度的理论信号值计算

通过查看待校传感器说明书或铭牌，获得传感器测量范围上限 V_{\max} 、下限 V_{\min} ，以及对应的信号输出上限 γ_{\max} 、信号输出下限 γ_{\min} ，则传感器每个校准点标准速度的理论输出信号值由下式 (2) 计算得出：

$$\gamma_0 = \frac{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \cdot V_0 \quad (2)$$

式中：

γ_0 ——标准速度的理论输出信号值，Hz 或 mA。

注：2. 若传感器说明有相应信号计算方法，则以说明书方法为准。

7.3.3 示值误差

在传感器测量范围内选取包括上、下限，不少于 5 个校准点（应包括 3m/s 校准点）。从速度下限平稳递增标准速度至各选取的校准点，每个点速度稳定后（稳定时间一般不少于 1 分钟），记录下传感器输出信号值 γ ，作为一个进程。重复三次进程，由下式 (3) 进行计算，取最大误差作为传感器的示值误差。

$$\delta = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \times 100\% \quad (3)$$

对于带有速度值显示功能的传感器，直接按下式 (4) 计算，取最大误差为传感器的示值误差。

$$\delta = \frac{V - V_0}{V_{\max}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ ——传感器的示值误差，%FS。

γ ——传感器输出信号值，Hz 或 mA。

V ——传感器仪表的显示值，m/s。

7.3.4 回程误差

校准示值误差 5 个点完成后将标准速度增加至传感器量程上限,再平稳减至各校准点,每个点速度稳定后,记录下传感器输出信号值 β ,作为一个回程。重复三次回程,回程误差由下式(5)计算得出:

$$\delta_{\beta} = \frac{|\bar{\beta} - \bar{\gamma}|}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \times 100\% \quad (5)$$

对于带有速度值显示功能的传感器仪表,按下式(6)计算回程误差:

$$\delta_{\beta} = \frac{|\bar{V}_{\beta} - \bar{V}|}{V_{\max}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

δ_{β} ——回程误差, %FS;

$\bar{\beta}$ ——三次回程传感器输出信号的平均值, Hz 或 mA。

$\bar{\gamma}$ ——三次进程传感器输出信号的平均值, Hz 或 mA。

\bar{V}_{β} ——三次回程传感器仪表显示速度的平均值, m/s。

\bar{V} ——三次进程传感器仪表显示速度的平均值, m/s。

7.3.5 重复性

按 7.3.3 中的方法测量各个速度点的示值,记下每个校准点传感器三次进程输出信号值的最大值与最小值,传感器的重复性按照下式(7)进行计算。

$$s = \frac{\Delta\gamma}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \times 100\% \quad (7)$$

对于带有速度值显示功能的传感器仪表,按下式(8)计算重复性:

$$s = \frac{\Delta V}{V_{\max}} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

s ——重复性, FS%;

$\Delta\gamma$ ——同一行程中同一校准点三次测量输出信号之间的最大差值, Hz 或 mA。

ΔV ——同一行程中同一校准点三次测量仪表显示速度的最大差值, m/s。

8 校准结果的表达

8.1 校准记录格式参照附录 A。

8.2 校准证书

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:标题:“校

准证书”；实验室名称和地址；进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；证书编号，每页及总页数的标识；客户的名称和地址；被校对象的描述和明确标识；进行校准的日期；校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；校准环境的描述；校准结果及其测量不确定度的说明；对校准规范的偏离的说明；校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；校准结果仅对被校对象有效的声明；未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

校准证书内页格式参照附录 B。

8.3 校准结果的不确定度评定

校准结果的不确定度评定参照附录 C。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 1 年。由于复校时间间隔的长短是由传感器的使用工况、使用环境、本身质量等因素所决定，因此，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

煤矿用速度传感器校准原始记录格式

共 1 页 第 1 页

证书单位			器具名称				
型号规格		出厂编号		生产厂商			
环境温度	℃	环境湿度	%RH	校准地点			
标准器名称	型号规格	测量范围	准确度等级/最大允许误差	出厂编号	有效期至		
校准依据							
序号	校准项目	校准结果					
1	外观及结构						
2	绝缘电阻 (MΩ)	正极与外壳间	负极与外壳间	信号与外壳间	最小值		
3	示值误差 (%FS)	标准速度 (m/s)					
		理论信号 (Hz、mA、m/s)					
		输出信号 (Hz、mA、m/s)	1				
			2				
			3				
		信号平均值					
		最大绝对误差					
示值误差							
4	回程误差 (%FS)	输出信号 (Hz、mA、m/s)	1				
			2				
			3				
		信号平均值					
		回程误差					
5	重复性 (%FS)						
6	速度示值误差测量结果不确定度						
校准员:			核验员:		校准日期:		

附录 B

煤矿用速度传感器校准证书内页格式

标准装置信息	名称	编号	证书编号	有效期	准确度	测量范围
校准环境	温度: ℃ ; 湿度: %RH					
校准地点						
序号	校准项目	校准结果				
1	外观及结构					
2	绝缘电阻 (MΩ)					
/	标准速度 (m/s)					
	理论信号 (Hz、mA、 m/s)					
3	示值误差 (%FS)					
4	回程误差 (%FS)					
5	重复性 (%FS)					
6	速度示值误差测量结果 不确定度					
备注						

附录 C

煤矿用速度传感器示值误差测量结果 不确定度评定示例

1. 被测对象

煤矿用速度传感器测量范围 (0~10) m/s, 对应输出频率范围为 (0~1200) Hz, 准确度等级 2.5 级。

2. 计量标准器及配套设备

2.1 非接触式转速计, 最大允许误差 ±0.04%;

2.2 滚筒, 经 π 尺测得直径 321.6mm, 即周长为 1.0103m; π 尺直径最大允许误差 ±0.05mm。

2.3 频率计 (0~2000) Hz, 最大允许误差 ±2×10⁻⁴。

3. 测量模型及灵敏系数

3.1 速度传感器示值误差测量的数学模型为:

$$\delta = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \times 100\% \quad (9)$$

将规范中式 (1)、(2) 带入计算可得:

$$\delta = \frac{\gamma}{1200} - \frac{LR}{600} \quad (10)$$

式中:

L —— 滚筒周长, m;

R —— 滚筒转速, r/min;

γ_0 —— 传感器标准速度输出信号值, Hz;

γ_{\max} —— 传感器信号输出上限, Hz;

γ_{\min} —— 传感器信号输出下限, Hz;

δ —— 传感器的示值误差, %FS;

γ —— 传感器输出信号值, Hz。

3.2 灵敏系数

根据公式 (8), δ 分别对 γ 、 L 、 R 求偏导:

$$c_{\gamma} = \frac{\partial \delta}{\partial \gamma} = \frac{1}{1200}$$

$$c_L = \frac{\partial \delta}{\partial L} = -\frac{R}{600}$$

$$c_R = \frac{\partial \delta}{\partial R} = -\frac{L}{600}$$

4. 不确定度评定

4.1 输入量 γ 的标准不确定度

γ 的标准不确定度主要来源为测量重复性和频率计引入。

4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_s

因矿用皮带运输速度常态下为 3m/s 左右，取传感器 3m/s 测量点，进行三次测量，测得结果分别为：361.246Hz、363.449Hz、361.787Hz，按照规范中式(6)进行计算：

$$u_s = \frac{\Delta\gamma}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \times 100\% = \frac{\Delta\gamma}{1200} \times 100\%$$

本次测试中测得 $\Delta\gamma=2.203\text{Hz}$ ，计算得 $u_s=0.1836\% \text{FS}$ 。

4.1.2 频率计引入的标准不确定度 u_{γ}

频率计的最大允许误差为 $2 \times 10^{-4}\text{Hz}$ ，则分布半宽区间为 $2 \times 10^{-4}\text{Hz}$ ，设其为均匀分布，则

$$u_{\gamma} = \frac{0.0002}{\sqrt{3}} \text{ Hz} = 0.0001 \text{ Hz}$$

4.2 输入量 L 的标准不确定度 u_L

测量周长使用的 π 尺直径最大允许误差 $\pm 0.05\text{mm}$ ，则周长最大允许误差 0.16mm ，即周长分布半区间为 0.00016m ，设其为均匀分布，可得

$$u_L = \frac{0.00016}{\sqrt{3}} \text{ m} = 0.0001 \text{ m}$$

4.3 输入量 R 的标准不确定度 u_R

测试时使用的非接触式转速计，最大允许误差 $\pm 0.05\%$ 。当标准速度为 3.01m/s 时，滚筒转速为 178.9r/min ，此时最大允许误差为 $\pm 0.089\text{r/min}$ 。则分布半区间为 0.089r/min ，设其为均匀分布，标准不确定度为：

$$u_R = \frac{0.089}{\sqrt{3}} \text{ r/min} = 0.0514 \text{ r/min}$$

4.4 合成标准不确定度 u_c

各不确定度分量互不相关，因此

$$\begin{aligned}u_c &= \sqrt{u_s^2 + (c_\gamma)^2 u_\gamma^2 + (c_L)^2 u_L^2 + (c_R)^2 u_R^2} \\&= \sqrt{0.1836^2 + \left(\frac{1}{1200}\right)^2 \times 0.0001^2 + \left(-\frac{178.9}{600}\right)^2 \times 0.0001^2 + \left(-\frac{1.01}{600}\right)^2 \times 0.0514^2} \\&\quad \%FS \\&\approx 0.19 \%FS\end{aligned}$$

4.5 扩展不确定度 U_{rel}

取包含因子 $k=2$ ，则

$$U_{\text{rel}} = 2u_c = 0.38 \%FS \quad (k=2)$$
