

黑龙江省地方计量技术规范

JJF（黑）XX—2024

矿用风速传感器校准规范

Calibration Specification for Wind Speed Sensor for Mining

（审定稿）

2024-XX-XX发布 2024-XX-XX实施

黑龙江省市场监督管理局发 布

矿用风速传感器

校准规范

JJF（黑）XX—2024

Calibration Specification for

Wind Speed Sensor for Mining

归 口 单 位 ：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：黑龙江泰久技术检测有限公司

七台河市检验检测中心

本规范委托黑龙江泰久技术检测有限公司负责解释

本规范主要起草人：

岳洪强（黑龙江泰久技术检测有限公司）

元 月（齐齐哈尔市检验检测中心）

张志春（黑龙江泰久技术检测有限公司）

王宏业（七台河市检验检测中心）

井卫军（黑龙江泰久技术检测有限公司）

骆伟华（七台河市检验检测中心）

马君飞（七台河市检验检测中心）

参加起草人：

马卫林（七台河市检验检测中心）

目 录

[引言 （Ⅱ](#_Toc11422)）

[1 范围 （1](#_Toc4281)）

[2 引用文件 （1](#_Toc2106)）

[3 术语 （1](#_Toc25645)）

[3.1 煤矿安全监控系统 （1](#_Toc16158)）

[3.2 超声波旋涡式风速传感器 （1](#_Toc32609)）

[3.3 压差式风速传感器 （1](#_Toc13062)）

[3.4 敏感元件 （1](#_Toc17343)）

[4 概述 （1](#_Toc19815)）

[5 计量特性 （2](#_Toc4604)）

[5.1 示值误差 （2](#_Toc13667)）

[5.2 重复性 （2](#_Toc15617)）

[5.3 信号传输误差 （2](#_Toc31251)）

[5.4 报警点偏差 （2](#_Toc13667)）

[6 校准条件 （2](#_Toc32744)）

[6.1 环境条件 （2](#_Toc22170)）

[6.2 测量标准及其他设备 （3](#_Toc11844)）

[7 校准项目和校准方法 （3](#_Toc9784)）

[7.1 校准项目 （3](#_Toc19185)）

[7.2 校准方法 （4](#_Toc23222)）

[8 校准结果表达 （7](#_Toc1672)）

[9 复校时间间隔 （7](#_Toc13030)）

[附录A 矿用风速传感器校准记录格式（推荐性） （8](#_Toc6845)）

[附录B 矿用风速传感器校准证书内页格式（推荐性） （1](#_Toc26385)0）

[附录C 矿用风速传感器示值误差校准结果的不确定度评定示例 （1](#_Toc4281)1）

引 言

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 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

矿用风速传感器校准规范

# 1 范围

本规范适用于测量范围为（0.4～25）m/s的矿用风速传感器的校准。

# 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG（煤炭）01—96 矿用风速表

GB 43067—2023 煤矿用仪器仪表安全技术要求

MT/T 448—2008 矿用风速传感器

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 煤矿安全监控系统 coal mine safety monitoring system

指由主机、传输接口、监测分站及各类型模拟量、开关量等传感器、断电控制器、声光报警器、电源箱、避雷器等设备组成，具有采集、传输、存储、处理、显示、打印、声光报警、控制等功能的监控系统。

3.2 超声波旋涡式风速传感器 supersonic vortex sensor

根据卡曼涡街原理利用超声波束被旋涡调制量的变化来测量风速的传感器。

3.3 压差式风速传感器 differential pressure sensor

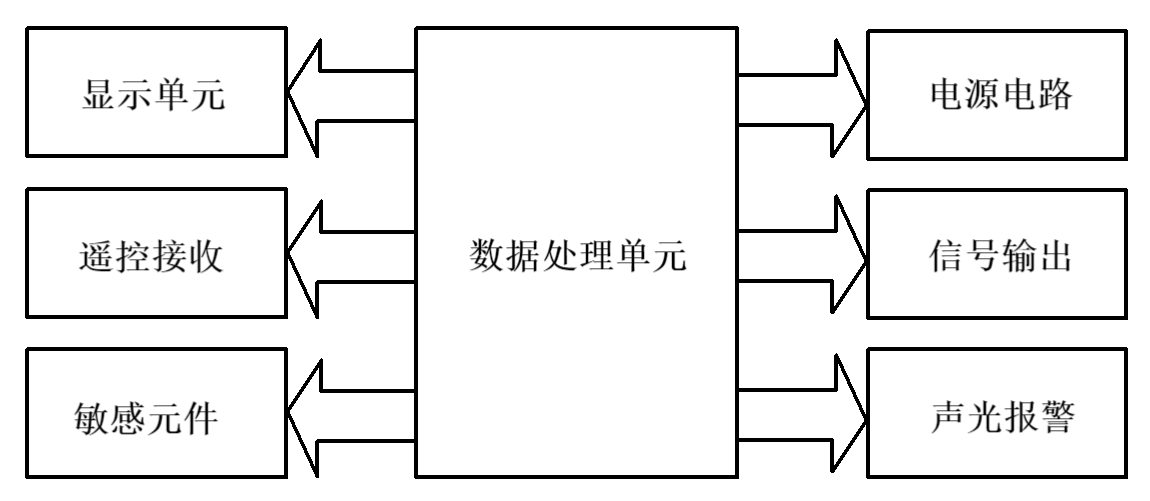
根据压差原理利用微压差变化来测量风速的传感器。

3.4 敏感元件 sensor

测量系统中直接受带有被测量的现象、物体或物质作用的测量系统的元件。

4 概述

矿用风速传感器(以下简称传感器)是煤矿安全监控系统的组成部分之一，由数据处理单元、声光报警、敏感元件、显示单元、信号输出、遥控接收、电源电路等组成，一般采用卡曼涡街原理或压差式原理，用于实时监测矿井井下作业环境的风速、风量。当风速超过设定报警点时传感器能自动发出声光报警，监控系统地面中心站主机实时接收报警的超限电信号。传感器组成如图1所示。



# 图1 矿用风速传感器组成示意图

# 5 计量特性

5.1 示值误差

示值误差应符合表1的规定。

表1 示值误差 m/s

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 测量原理 | 测量范围 | 示值误差 |
| 卡曼涡街原理 | 0.4～15 | ±0.3 |
| 0.5～25 | ±0.4 |
| 压差式原理 | 0.4～15 | ±0.2 |
| 0.5～25 | ±0.3 |

5.2 重复性

重复性不大于最大允许误差绝对值的1/3。

5.3 信号传输误差

信号传输误差不大于1.0%，仅适用于具有模拟信号传输功能的传感器。

5.4 报警点偏差

报警显示值与报警点设定值的差值不超过±0.2 m/s。

注：以上所有计量特性技术指标仅提供参考，不适用于合格性判定。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（15～35）℃。

6.1.2 相对湿度：（45～75）％。

6.1.3 大气压力：（86～106）kPa。

6.1.4 周围无明显影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

## 6.2 测量标准及其他设备

校准用测量标准及其他设备应符合表2要求。

表2 测量标准及其他设备

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 技术要求 |
| 1 | 标准风洞 | 风洞风速范围：（0.4～25）m/s |
| 风洞工作段气流均匀性不大于1.5% |
| 风洞工作段气流稳定性不大于0.5% |
| 风洞工作段直径不小于300 mm |
| 2 | L型标准皮托管 | 校准系数：0.997～1.003，偏差不大于0.5% |
| 3 | 微压计 | 测量范围：(0～2.5)kPa, 最大允许误差：±1.3 Pa |
| 4 | 大气压力表 | 测量范围：(80～110)kPa，最大允许误差：±40 Pa |
| 5 | 标准温度计 | 测量范围：（0～50）℃，分度值不大于0.1℃ |
| 6 | 电子秒表 | 分辨力：0.01 s |
| 7 | 频率计 | 测量范围：（0～2000）Hz,分辨力：1 Hz，稳定度≤1×10-6 |
| 8 | 数字多用表 | 直流电流：（0～30）mA，直流电压：（0～30）V，准确度等级不低于0.5级 |
| 9 | 直流稳压电源 | 输出电压：（0～30）V，分辨力：0.1 V，输出电流：（0～3）A，分辨力：0.01 A，稳定度≤1% |
| 10 | 2km模拟电缆或仿真电路 | 直流电阻≤12.8 Ω/km，分布电容≤0.06 *μ*F/km，分布电感≤0.8 mH/km |

注: 也可以采用其他满足技术要求的测量设备。

# 7 校准项目和校准方法

## 7.1 校准项目

## 校准项目见表3。

表3 校准项目及对应条款

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目名称 | 项目对应条款 |
| 1 | 外观及通电检查 | 7.2.1 |
| 2 | 示值误差 | 7.2.3 |
| 3 | 重复性 | 7.2.4 |
| 4 | 信号传输误差 | 7.2.5 |
| 5 | 报警点偏差 | 7.2.6 |

7.2 校准方法

7.2.1 外观及通电检查

目测检查，传感器的安全防爆标志、标识齐全，机壳无损伤或开裂缝隙，各部件及敏感元件装配可靠牢固，通电后数字显示示值完整清晰，不影响正常使用。

7.2.2 校准前传感器的安装和调整

将传感器固定在风洞工作段中，使其风流通道轴线与风洞轴线平行，平行度不大于5度，并按操作要求连接好直流稳压电源、频率计、数字多用表等测量设备。按传感器说明书要求对其进行充分预热，调整零点和示值；若说明书未明确要求，则在无风的环境下固定放置传感器充分预热后进行零点标校，然后开启风洞风机，将风速调至9.0 m/s点，完成标定，在此后的校准过程中不得再次调整。

7.2.3 示值误差

校准点的选择，应均匀覆盖整个测量范围，推荐选择的校准点见表4。

开启风洞风机，校准点由低向高逐渐增大，待风流稳定在校准点规定的风速后，读取微压计数值、传感器显示值和相应电信号值，每点测量3次，3次测量值的算术平均值与实际风速之差即为传感器的示值误差。

表4 校准点（推荐性） m/s

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量范围 | 测量点 | | | | | |
| 0.4～15 | 0.4 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| 0.5～25 | 0.5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |

测量实验室内的大气压力、温度参数，空气密度按式（1）计算：

** （1）

式中：

*ρ* ——空气密度，kg/m3；

*P*0 ——大气压力，Pa；

*t* ——环境温度，℃。

风洞实际风速按式（2）计算：

 （2）

式中：

*vs* ——风洞的实际风速，m/s；

*p* ——微压计读数，Pa；

*ξ* ——皮托管校准系数；

*ρ* ——空气密度，kg/m3。

示值误差按式（3）计算：

 （3）

式中：

Δ*v*  ——传感器的示值误差，m/s；

 ——传感器3次测量的算术平均值，m/s；

*v*s ——风洞的实际风速，m/s。

7.2.4 重复性

将传感器固定在风洞工作段中，在无风状态下，确认传感器示值归零，开启风洞风机，将风速调至9.0 m/s。待传感器示值稳定后记录1次，重复上述测量6次。

按式（4）计算重复性：



（4）

式中：

*s*——传感器的测量重复性，m/s；

——6次示值的算术平均值，m/s；

——传感器第i次的示值，m/s。

7.2.5 信号传输误差

用直流稳压电源按传感器说明书供电，在传感器信号输出端接入2 km模拟电缆或仿真电路，其末端接上对应的信号测量设备。在上述7.2.3示值误差各校准点的测量过程中，同时读取对应风速输出的电信号值，每点测量3次，计算出各点的显示值算术平均值和输出信号的算术平均值，按式（5）计算传感器风速值。

式中：

——输出信号的算术平均值换算的传感器风速值，m/s。

——输出电信号上限对应的传感器风速值，m/s；

——输出电信号下限对应的传感器风速值，m/s；

——输出电信号上限标称值，Hz或mA；

——输出电信号下限标称值，Hz或mA；

——输出信号的算术平均值，Hz或mA；

按式（6）计算传感器信号传输误差，取其中最大值为信号传输误差。

式中：

——信号传输误差，％；

——输出信号的算术平均值换算的传感器风速值，m/s；

——显示值算术平均值，m/s。

## 7.2.6 报警点偏差

将报警点设定在厂家预设或客户要求风速点上，在无风状态下确认传感器示值归零，开启风机。使风洞风速超出报警点，记录出现报警信号瞬间仪器的显示值，重复测量3次，取3次平均值为传感器报警值，按式（7）计算报警点偏差。

式中：

——报警点偏差，m/s；

——报警平均值，m/s；

——报警点设定值，m/s。

# 8 校准结果表达

经校准的矿用风速传感器应出具校准证书，给出校准结果以及校准结果测量不确定度。校准记录格式（推荐性）见附录A，校准证书内页格式（推荐性）见附录B。

# 9 复校时间间隔

传感器的复校时间间隔是由仪器使用情况、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。建议复校时间间隔不超过6个月。

附录A

矿用风速传感器校准记录格式（推荐性）

记录编号： 温度： ℃ 相对湿度： %

委托单位： 型号： 大气压力： kPa

制造单位： 量程： m/s 出厂编号：

校准依据：

计量标准： 测量范围：

不确定度/准确度等级/最大允许误差： 证书编号及有效期：

校准地点： □ 现场 □ 实验室

一、外观及功能检查： □ 符合 □ 不符合

二、示值误差： m/s

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 实际风速值 | | | | 传感器示值 | | | | 示值误差 |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 | 1 | 2 | 3 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差校准结果的扩展不确定度：*U*= m/s（*k*=2） | | | | | | | | | |

三、重复性： m/s

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 重复性 |
| 测 量 值 |  |  |  |  |  |  |  |

四、报警点偏差：（设定值： ） m/s

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 平均值 |
| 测 量 值 |  |  |  |  |

五、信号传输误差：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准值  m/s | 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 平均值 | 输出信号值转换风速值m/s | 信号传输误差  ％ |
|  | 传感器示值m/s |  |  |  |  |  |  |
| 输出信号值/  Hz或mA |  |  |  |  |  |
|  | 传感器示值m/s |  |  |  |  |  |  |
| 输出信号值/  Hz或mA |  |  |  |  |  |
|  | 传感器示值m/s |  |  |  |  |  |  |
| 输出信号值/  Hz或mA |  |  |  |  |  |
|  | 传感器示值m/s |  |  |  |  |  |  |
| 输出信号值/  Hz或mA |  |  |  |  |  |
|  | 传感器示值m/s |  |  |  |  |  |  |
| 输出信号值/  Hz或mA |  |  |  |  |  |
|  | 传感器示值m/s |  |  |  |  |  |  |
| 输出信号值/  Hz或mA |  |  |  |  |  |

校 准 员 核 验 员

校准日期 年 月 日

附录B

矿用风速传感器校准证书内页格式（推荐性）

校准结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 一、外观及功能检查：  二、示值误差：  m/s | | | | | | |
| 测量范围 |  | | | | | |
| 校准点 |  |  |  |  |  |  |
| 校准误差 |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差校准结果的扩展不确定度：*U*= m/s，*k*=2 | | | | | | |
| 三、重复性： m/s  四、报警点偏差： m/s  五、信号传输误差： ％  ----------- 以下空白（End） ------------ | | | | | | |

附录C

矿用风速传感器示值误差校准结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被校仪器：传感器（压差式），测量范围（0.4～15）m/s。

C.1.2 测量标准：风速范围（0.4～25）m/s。

C.1.3 环境条件：环境温度（15～35）℃；相对湿度（45～75）％；大气压力（86～106）kPa。

C.1.4 测量方法：依据本规范中的规定。

C.2 测量模型



式中：

Δ*v*  ——传感器的示值误差，m/s；

*v* ——传感器的示值，m/s；

*v*s ——风洞实际风速，m/s。

C.3 灵敏系数

各影响量的灵敏系数计算：

C.4 标准不确定度分量评定

C.4.1 被校传感器测量重复性引入的标准不确定度*u*1

传感器以14风速点为例进行10次重复性测量，得到一组测量值如下（单位：）：

13.8 , 13.9 , 13.9 , 13.9 , 13.9 , 14.0 , 13.9 , 14.0 , 14.0 ， 14.0

对其计算实验标准偏差为：



由3次测量，重复性引入的标准不确定度分量为：



C.4.2 测量标准及其他设备引入的标准不确定度*u*2

实际风速的不确定度主要由微压计引入的不确定度，L型标准皮托管引入的不确定度，标准温度计引入的不确定度和大气压力表引入的不确定度四部分组成。

C.4.2.1 微压计引入的不确定度

微压计的最大允许误差±1.3 Pa，区间半宽1.3 Pa，按均匀分布取，包含因子*k*=，则

Pa

C.4.2.2 L型标准皮托管引入的不确定度

皮托管的偏差不大于0.5%，区间半宽0.5%，按均匀分布取，取包含因子*k*=，则



C.4.2.3 标准温度计引入的不确定度

标准温度计分度值不大于0.1℃，区间半宽0.05℃，按均匀分布取，包含因子，则



C.4.2.4 大气压力表引入的不确定度

大气压力表的最大允许误差±40 Pa，区间半宽40 Pa，按均匀分布取，包含因子*k*=，则

Pa

C.4.2.5 测量标准及其他设备引入的标准不确定度灵敏系数

根据装置的第二工作段与第一工作段的平均风速比为2，计算如下：



推出：



则：

测量点为14 m/s，温度22℃，大气压力97.6 kPa，则









测量标准及其他设备引入的不确定合成按下式进行计算



=0.006 m/s。

C.5 合成标准不确定度

标准不确定度汇总见表C.1。

表C.1 标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 不确定度来源 | 标准不确  定度符号 | 标准不确定度m/s | 灵敏系数 |
|  | 被校传感器重复性引入 |  | 0.039 | 1 |
|  | 测量标准及其他设备引入 |  | 0.006 | -1 |

以上各项标准不确定度互不相关，则合成标准不确定度为：

m/s

C.6 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则示值误差校准结果的扩展不确定度为：

m/s



JJF（黑）xx—2024