JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF××××——202×

气象低速风洞测试规范

Test specification for meteorologicallow-speed wind tunnel

（征求意见稿）

202×-××-××发布 202×-××-××实施

中华人民共和国国家市场监督管理总局 发 布

气象低速风洞

JJF××××—202×

测试规范

Test specification for

meteorologicallow-speed wind tunnel

归 口 单 位：全国气象专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：吉林省气象探测保障中心

中国气象局气象探测中心

参加起草单位：佐格微系统（杭州）有限公司

本规范委托全国气象专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王 旭（吉林省气象探测保障中心）

白赢策（中国气象局气象探测中心）

张昊喆（吉林省气象探测保障中心）

胡林宏 (吉林省气象探测保障中心）

参加起草人：

朱 可（中国气象局气象探测中心）

李松奎（中国气象局气象探测中心）

缪琛彪（佐格微系统（杭州）有限公司）

目 录

[引 言 II](#_Toc163651098)

[1 范围 1](#_Toc163651099)

[2 引用文件 1](#_Toc163651100)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc163651101)

[4 概述 2](#_Toc163651111)

[5 计量特性 2](#_Toc163651112)

[6 测试条件 3](#_Toc163651119)

[7 测试项目和测试方法 3](#_Toc163651122)

[8 测试报告 8](#_Toc163651131)

[附录A](#_Toc163651132) [[标准风速值计算方法 9](#_Toc163651132)](#_Toc163651133)

[附录B](#_Toc163651137) [[流速均匀性测试测点布置图 10](#_Toc163651137)](#_Toc163651138)

[附录C](#_Toc163651141) [[测试报告附页格式（参考格式） 11](#_Toc163651141)](#_Toc163651142)

[附录D](#_Toc163651143) [[气象低速风洞测试不确定度评定示例 12](#_Toc163651143)](#_Toc163651144)

# 引 言

JJF1071 《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》共同构成支撑本规范编写工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

气象低速风洞测试规范

# 1 范围

本规范规定了（直流式或回流式）气象低速风洞（以下简称风洞）性能测试项目、测试仪器与环境要求、测试方法和数据处理等。

# 2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 37467-2019 气象仪器术语

QX/T 323-2016 气象低速风洞技术条件

QX/T 84-2007 气象低速风洞性能测试规范

凡是注日期的引用文件，仅所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 术语和计量单位

## 3.1 术语

## 3.1.1试验段 test section

风洞内用于安装被测仪器或标准器的风洞段。

注：当风洞有两个或两个以上试验段时，安装标准器的试验段称为主试验段。

## 3.1.2流速范围 velocity range

风洞试验段内所能达到稳定可用的最低（下限）至最高（上限）流速。

## 3.1.3流速均匀性 uniformity of velocity

风洞试验段内同一横截面上气流速度分布的均匀程度。

## 3.1.4流速稳定性 stability of velocity

风洞试验段内气流速度随时间脉动的程度。

## 3.1.5轴向流速梯度 axial velocity gradient

风洞试验段内气流速度随风洞轴向距离分布区的变化程度。

## 3.1.6温升 degree of temperature increasing

风洞连续运转引起试验段内气流温度的上升变化量。

## 3.1.7噪声 noisiness

流速上升至风洞上限流速，风洞洞体外的最大噪声。

## 3.2 计量单位measurement unit

流速计量单位为米每秒（m/s）；气流偏角计量单位为度（°）；温升计量单位为摄氏度（℃）；噪声计量单位为分贝（dB）。

# 4 概述

气象低速风洞按照风洞通道形式主要分为直流式风洞和回流式风洞。直流式风洞是试验段与环境大气相连通的直路风洞。风洞由进气口、稳定段、收缩段、试验段、扩散段、动力段、支架以及控制系统组成。直流式风洞示意图如图1所示。回流式风洞是气流经过封闭试验段后由导流管导回循环使用的回路式风洞。风洞主要由蜂窝器、阻尼网、稳定段、收缩段、试验段、扩散段、拐角导流片、动力端、回流段、支架以及控制系统组成，回流式风洞示意图如图2所示。

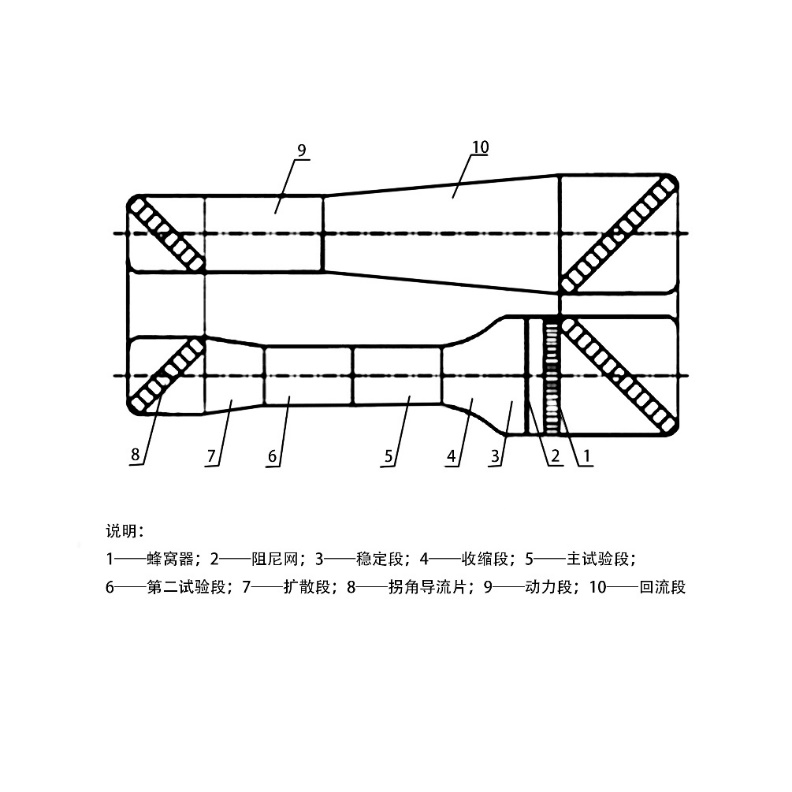
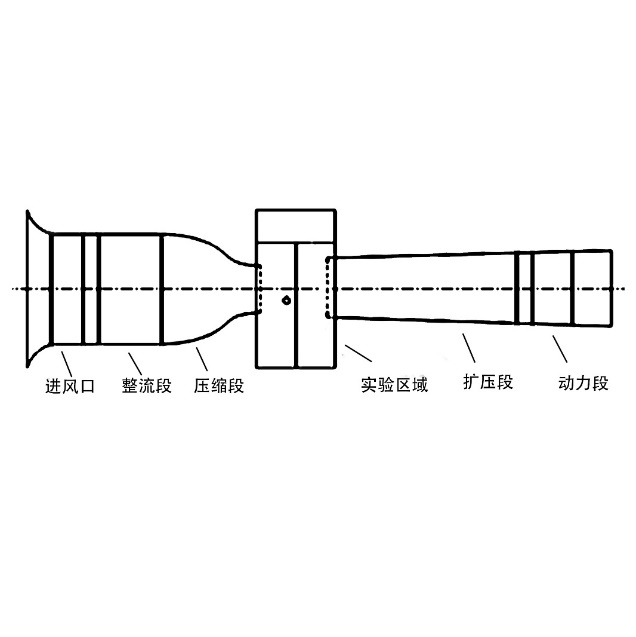


图1 直路开口风洞结构示意图 图2 回路闭口风洞结构示意图

# 5 计量特性

## 5.1 流速范围

气象低速风洞出厂标称范围。

## 5.2 流速均匀性

试验段流速均匀性≤1%。

## 5.3 流速稳定性

试验段流速2m/s（含）以下时，稳定性的最大绝对偏差值一般不大于0.02m/s。

试验段流速2m/s以上时，稳定性≤0.5%。

## 5.4 轴向流速梯度

轴向流速梯度≤0.5%。

## 5.5 温升

风洞连续运转达到稳定上限流速10min，试验段内气流温度的上升变化量≤5℃。

## 5.6 噪声

风洞在流速范围内运行时，风洞的最大噪声≤105dB。

注：以上指标不作为合格性判据，仅供参考。

# 6 测试条件

## 6.1 环境条件

温度：（15～30）℃。

相对湿度：不大于85%。

## 6.2 计量标准测量设备及其他设备

测量设备及其他设备主要技术指标见表1

表1 标准器及配套设备

| 仪器名称 | 测量范围 | 主要技术指标 |
| --- | --- | --- |
| 热线风速仪 | 0m/s～5m/s | 最大允许误差：±2%FS |
| 标准皮托静压管 | 2m/s～85m/s | 校准系数K：0.997～1.003 |
| 微差压计 | 0hPa～7500hPa | 最大允许误差：±0.5Pa |
| 温度测量仪器 | 0℃～50℃ | 最大允许误差：±0.5℃ |
| 湿度测量仪器 | 0%RH～100%RH | 最大允许误差：±8%RH |
| 气压测量仪器 | 500hPa～1050hPa | 最大允许误差：±2hPa |
| 声级计 | 50dB～130dB | 最大允许误差：±2dB |

# 7 测试项目和测试方法

## 7.1 校准项目

校准项目及对应的校准方法条款见表2。

表2 校准项目表

| 测试项目 | 测试方法对应条款 |
| --- | --- |
| 流速范围 | 测试方法见7.2.1 |
| 流速均匀性 | 测试方法见7.2.2 |
| 流速稳定性 | 测试方法见7.2.3 |
| 轴向流速梯度 | 测试方法见7.2.4 |
| 温升 | 测试方法见7.2.5 |
| 噪声 | 测试方法见7.2.6 |
| 1. 可根据实际应用需要，选择测试项目。 | |

## 7.2 测试方法

## 7.2.1 流速范围

### 7.2.1.1流速下限测试

将热线流速仪探头安装在风洞试验段仪器安装截面中心点，使试验段流速缓慢上升，达到风洞设计下限流速并稳定后，读取热线流速仪示值。重复测量3次。

### 7.2.1.2流速上限测试

将标准皮托静压管安装在风洞试验段仪器安装截面中心，使试验段流速逐渐升至风洞标称上限流速并稳定后，读取微差压计的示值，同时读取温、湿、压测量仪器的示值。重复测量3次。

### 7.2.1.3数据处理

流速值及流速范围按照下列方法进行计算：

a) 3次流速下限测得值的算术平均值为该试验段流速下限值；

b) 3次流速上限测得值的算术平均值为该试验段流速上限值；

c) 试验段流速下限与流速上限之间所涵盖的范围，为该试验段的流速范围；

d) 所有试验段流速范围的下限最小值与上限最大值，为该风洞的流速范围。

注：标准流速计算方法见附录A。

## 7.2.2 流速均匀性

### 7.2.2.1测试位置的选择

选择试验段仪器安装截面作为被测截面，距离洞壁15cm，每（5～10）cm间距选择一个测试点。新建、改造后的风洞，测试点位置宜采用等间距法；使用中的风洞，测试点位置可采用坐标轴法。

注：测量截面和测点的分布见附录B。

### 7.2.2.2测试点的选择

应根据使用范围选择3个（含）以上测试点，至少应包括风洞标称下限流速值、风洞标称上限流速值。

### 7.2.2.3测试步骤

a）将标准器（2m/s以下的测点时使用热线风速仪，其他测点使用皮托管）固定在第一个校准位置上，并对准气流来向。

b）控制电机转速，将风洞流速稳定在选定的流速测试点。

c）风洞流速稳定后，读取10次示值，接着移动标准器至下一测试位置，再读取10次示值，直至所有测试位置完成。

d）调整流速测试点重复上述步骤，直至所有流速测试点下的均匀性测试完成。

### 7.2.2.4数据处理

第n组该流速点下的流速均匀误差按照（1）式计算。

()

式中：

——第组的流速均匀误差，m/s；

——第组第i个位置的风速值，m/s；

——第组第j个位置的风速值，m/s.

该流速点下的流速均匀度按照（2）式计算。

()

()

式中：

——该风速点下的流速均匀度。

——该风速点下的平均风速值。

## 7.2.3 流速稳定性

### 7.2.3.1测试位置的选择

应选取试验段被测截面中心作为测试位置。

### 7.2.3.2测试点的选择

在试验段流速范围内均匀选择流速点，至少选择该试验段流速的上限、下限及中间点。

### 7.2.3.3测试步骤

### 7.2.3.3.1 2m/s（含）以下测试点

将热线风速仪探头安装在试验段仪器安装截面中心，控制电机转速使流速稳定在某一选定流速，流速稳定后每隔5秒读一次示值，测试时间为1min，重复测量3次。

### 7.2.3.3.2 其他测试点

将皮托管安装在试验段仪器安装截面中心，控制电机转速使流速稳定在某一选定流速，流速稳定后每隔5秒读一次微差压计示值，测试时间为1min，每种流速下重复测量3次。

### 7.2.3.4数据处理

### 7.2.3.4.1 2m/s（含）以下测试点

每分钟流速稳定后最大误差按照（4）式计算。

()

式中：

——流速最大误差；

——某次测试中第i个瞬时流速值，单位m/s；

——某次测试中1min内的平均流速值，单位m/s；

2m/s以下的测试点数据处理亦按照2m/s测试点方式进行。

### 7.2.3.4.2 其他测试点

每分钟流速稳定性按照（5）式计算。

()

式中：

——稳定性；

——某次测试中第i个瞬时流速值，单位m/s；

——某次测试中1min内的平均流速值，单位m/s。

## 7.2.4 轴向流速梯度

### 7.2.4.1测试点的选择

以风洞试验段入口截面为起始面，沿中心轴线每隔50mm选定一个测试点，直到主试验段出口处。

### 7.2.4.2测试步骤

将一只皮托管在选定测点上。控制电机转速，使主试验段流速为30m/s，流速稳定后同时读记皮托管对应的微差压计示值。

一个测点测完后，保持流速不变，移动皮托管位置，依序进行其他各点的测试。

直至各点测完。

### 7.2.4.3数据处理

根据式（6）进行数据处理。

()

式中：

——第*i*测点流速值与试验段入口0mm位置流速值之比；

——某游测点流速值；

——距试验段入口0mm位置对应标准皮托管流速值。

## 7.2.5 温升

### 7.2.5.1测试步骤

应按下列步骤进行测试：

将温度测量仪器安装在风洞试验段内；

试验段流速稳定在该试验段的流速上限值，记录温度示值，10 min后再次记录温度测量仪器示值。

### 7.2.5.2数据处理

根据公式（7）计算试验段温升。

()

式中：

风洞运行10 min试验段温度上升的值，单位为摄氏度（℃）；

10 min后温度测量仪器示值，单位为摄氏度（℃）；

温度测量仪器的初始示值，单位为摄氏度（℃）。

## 7.2.6 噪声

将声级计放置在距洞体外50 cm噪声最大的位置，使流速逐渐上升至风洞上限流速，记录声级计所测得的最大噪音值。

# 8 测试报告

测试工作结束后应出具测试报告，测试报告附页见附录C。

# 附录A

# 标准风速值计算方法

# A.1 用风洞试验段内的空气温度按公式（A.1）计算出饱和水汽压：

（A.1）

式中：

—温度下的饱和水汽压，Pa；

—试验段内空气温度，K；

=1Pa；

A、B、C、D均为常数，其值如下：

A=1.2378847×10-5K-2

B=-1.9121316×10-2K-1

C=33.93711047

D=-6.3431645×103K

# A.2 用风洞试验段内的空气温度、相对湿度和气压值按公式（A.2）计算出空气密度。

（A.2）

式中：

—试验段内空气温度，K；

—试验段内气压，Pa；

—试验段内空气相对湿度，用小数表示；

—温度下的饱和水汽压，Pa。

# A.3 将空气密度值和微压计示值代入公式（A.3）计算出标准风速值。

(A.3)

——标准风速，单位为米每秒（m/s）；

——空气密度，单位千克每立方米（kg/m3）；

——微压计示值，单位为帕（Pa）；

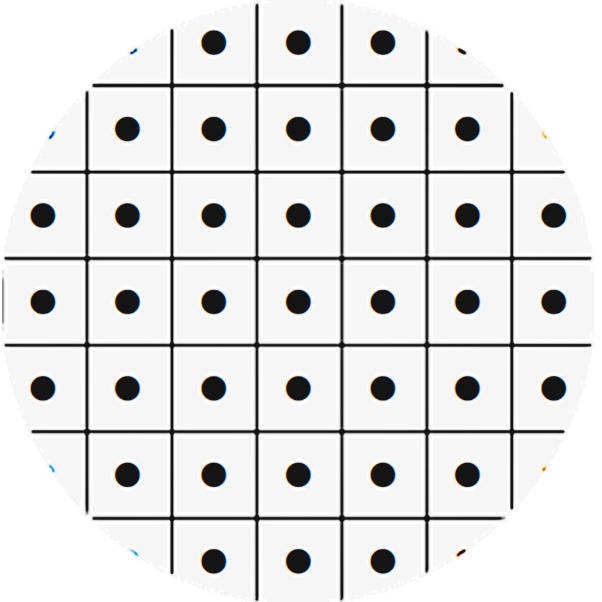
——皮托静压管系数。

# 附录B

# 流速均匀性测试测点布置图

# B.1等间距法

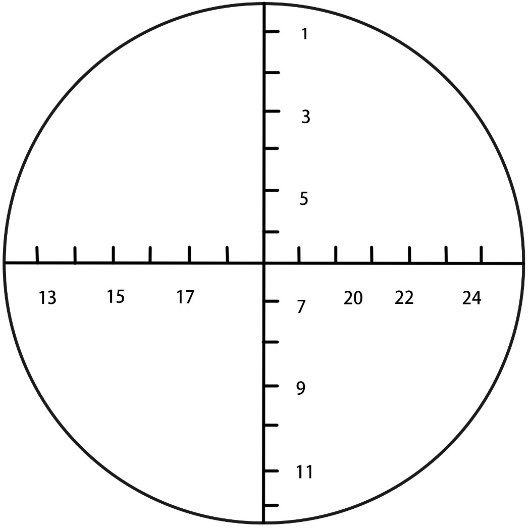
以被测截面中心点为对称点，将其分成面积相等的数十个小正方形，每个小正方形的中心点为所选测试点位置。圆形试验段截面等间距法和等坐标法测试点布置如图B.1所示，八角形或其他形状试验段截面测试点位置参考圆形截面布置。



图B.1 圆形试验段截面等间距法测试点布置图

# B.2 坐标轴法

以被测截面中心点为原点，水平方向为X轴，垂直方向为Y轴，选择测试点位置在X轴、Y轴上均匀分布。圆形试验段截面坐标轴法测试点布置如图B.2所示，八角形或其他形状试验段截面测试点位置参考圆形截面布置。



图B.2圆形试验段截面坐标轴法测试点布置图

# 附录C

# 测试报告附页格式（参考格式）

**测 试 结 果**

报告编号：

Report No.

Data/Result of Test测试所用主要设备仪器（名称/型号/编号）：

Main Measuring Instruments Used (Description/Model/No.)

测试环境条件： 温度： ℃； 湿度： %RH； 气压： hPa

Environment Condition

测试数据/结果：

Data/Result of Test

测试日期：

Date of Test

测试员： 核验员：

Tested by Checked by

第 页 共 页

（以下空白）

# 附录D

# 气象低速风洞测试不确定度评定示例

D.1 评定依据

本规范的测量不确定度评定依据是JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》。

D.2 标准设备和被校对象

D.2.1 标准设备

标准器及配套设备为皮托静压管检定装置，主要技术指标见表D.1。

表D.1 标准器及配套设备主要技术指标

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分 类 | 名 称 | | 主要技术指标 |
| 标准器 | 热线风速仪 | 范围：0m/s～5m/s；最大允许误差：±2%FS | |
| 标准皮托静压管 | 范围：2m/s～85m/s；校准系数K：0.997～1.003 | |
| 微差压计 | 范围：0hPa～7500hPa；最大允许误差：±0.5Pa | |
| 配套设备 | 温度测量仪器 | 范围：0℃～50℃；最大允许误差：±0.5℃ | |
| 湿度测量仪器 | 范围：0%RH～100%RH；最大允许误差：±8%RH | |
| 气压测量仪器 | 范围：500 hPa～1050hPa；最大允许误差：±2hPa | |

D.2.2 被测对象

被测单位：杭州佐格通信设备有限公司

器具名称： 直路开口风洞

器具型号：WZ860070-E

制造单位：杭州佐格通信设备有限公司

D.3 均匀性不确定度评定

D.3.1 主要测量方法

选择试验段仪器安装截面作为被测截面，距离洞壁15cm，每（5～10）cm间距选择一个测试位置,共7个位置。用标准皮托静压管感应风洞中流动空气的差压（总压和静压之差），并由微差压计测出压力值，通过该压力值及流场的空气密度，用伯努利方程得出风洞的流场风速。测试点选择2m/s、40m/s、60m/s，并逐点分析不确定度。

D.3.2 建立测量模型和分析不确定度来源

D.3.2.1测量模型

在测试过程中，测量结果为示值误差，计算如式（D.1）。

（D.1）

式中：

——该风速点下的流速均匀度。

——该风速点下的平均风速值。

将标准风速平均值带入公式（D.1），则：

(D.2)

式中：

——微差压计示值，Pa；

——皮托静压管校准系数；

——试验段内温度，K；

——试验段内气压，Pa；

——试验段内空气相对湿度，用%RH表示；

——温度下的饱和水汽压，Pa。

D.3.2.2 不确定度来源分析

（1）测量重复性引入的标准不确定度；

（2）微差压计引入的标准不确定度；

（3）皮托静压管校准系数引入的标准不确定度；

（4）温度仪引入的标准不确定度；

（5）气压计引入的标准不确定度；

（6）湿度仪引入的标准不确定度。

D.3.3 不确定度分量评定

D.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度

用极差法求取试验标准偏差S（n=7时，C=2.70）。该测试点下风速值重复测量引入的标准不确定度见表D.2。

表D.2 测量重复性引入的不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试点 | 2m/s | 40m/s | 60m/s |
| 极差 | 0.0045 | 0.0729 | 0.0732 |
|  | 0.0017 | 0.028 | 0.0028 |

D.3.3.2微差压计引入的标准不确定度

微差压计的最大允许误差为±0.5Pa，取均匀分布，则微差压计示值误差引入的标准不确定度：

=0.5/=0.289 Pa

D.3.3.3皮托静压管校准系数引入的标准不确定度

试验使用的标准皮托静压管的校准系数为：=1.003，相对不确定度为0.1%(k=2)。

故由标准皮托静压管校准系数引入的绝对不确定度分量为



D.3.3.4 温度仪引入的标准不确定度

温度仪的最大允许误差为±0.5℃，按均匀分布，则温度仪测量引入的标准不确定度：



D.3.3.5 气压计引入的标准不确定度

气压计的最大允许误差为±2hPa，按均匀分布，则气压计测量引入的标准不确定度：

D.3.3.6 湿度仪引入的标准不确定度

湿度仪的最大允许误差为±8%RH，按均匀分布，则湿度仪测量引入的标准不确定度：

**

D.3.4 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表D.3。

表D.3 标准不确定度一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 标准不确定度来源 | 灵敏度系数 |
| 测量重复性引入的标准不确定度 |  |
| 微差压计引入的标准不确定度 |  |
| 皮托静压管校准系数引入的标准不确定度 |  |
| 温度仪引入的标准不确定度 |  |
| 气压计引入的标准不确定度 |  |
| 湿度仪引入的标准不确定度 |  |

其中，灵敏度系数可由公式（D.2）求偏导得出，具体如下：

本次试验环境：温度为15.1℃，气压为1021.1hPa，相对湿度为68%，则各灵敏度系数计算如表D.4：

表D.4 各灵敏度系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （m/s） | 2 | 40 | 60 |
|  | 0.5124 | 0.0251 | 0.0166 |
|  | -0.00468 | -0.000009 | -0.000003 |
|  | -0.0109 | -0.0086 | -0.0057 |
|  | -0.00004 | -0.00003 | -0.00002 |
|  | 0.00000011 | 0.00000008 | 0.00000006 |
|  | -0.0000007 | -0.0000005 | -0.0000004 |

由于各分量之间相互不相关，合成标准不确定度的计算公式如下所示：

其计算结果见表D.5。

表D.5 合成标准不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风速（m/s） | 2 | 40 | 60 |
| （m/s） | 0.0016 | 0.0007 | 0.0010 |

D.3.5 扩展不确定度

取=2,则扩展不确定度,则扩展不确定度计算结果见表D.6。

表D.6 扩展不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风速（m/s） | 2 | 40 | 60 |
|  | 0.0032 | 0.0014 | 0.0020 |

D.4 稳定性不确定度评定

D.4.1 主要测量方法

选取试验段被测截面中心作为测试位置，用标准皮托静压管感应风洞中流动空气的差压（总压和静压之差），并由微差压计测出压力值，通过该压力值及流场的空气密度，用伯努利方程得出风洞的流场风速。测试点选择2m/s、40m/s、60m/s，并逐点分析不确定度。

D.4.2 建立测量模型和分析不确定度来源

D.4.2.1测量模型

在测试过程中，测量结果为示值误差，计算如式（D.3）。

(D.3)

式中：

-稳定性；

-某次测试中流速最大误差，单位m/s；

-某次测试中1min内的平均流速值，单位m/s。

将标准风速平均值带入公式（D.4），则：

(D.4)

式中：

——微差压计示值，Pa；

——皮托静压管校准系数；

——试验段内温度，K；

——试验段内气压，Pa；

——试验段内空气相对湿度，用%RH表示；

——温度下的饱和水汽压，Pa。

D.4.2.2不确定度来源分析

（1）测量重复性引入的标准不确定度；

（2）微差压计引入的标准不确定度；

（3）皮托静压管校准系数引入的标准不确定度；

（4）温度仪引入的标准不确定度；

（5）气压计引入的标准不确定度；

（6）湿度仪引入的标准不确定度。

D.4.3 不确定度分量评定

D.4.3.1测量重复性引入的标准不确定度

用求取实验标准偏差。该测试点下风速值重复测量引入的标准不确定度见表D.7。

表D.7测量重复性引入的不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试点 | 2m/s | 40m/s | 60m/s |
| 实验标准偏差 | 0.003514 | 0.041239 | 0.080690 |
|  | 0.001014 | 0.011905 | 0.023293 |

D.4.3.2微差压计引入的标准不确定度

微差压计的最大允许误差为±0.5Pa，取均匀分布，则微差压计示值误差引入的标准不确定度：

=0.5/=0.289 Pa

D.4.3.3皮托静压管校准系数引入的标准不确定度

试验使用的标准皮托静压管的校准系数为： =1.003，相对不确定度为0.1%(k=2)。

故由标准皮托静压管校准系数引入的绝对不确定度分量为

**

D.4.3.4温度仪引入的标准不确定度

温度仪的最大允许误差为±0.5℃，按均匀分布，则温度仪测量引入的标准不确定度：

**

D.4.3.5气压计引入的标准不确定度

气压计的最大允许误差为±2hPa，按均匀分布，则气压计测量引入的标准不确定度：

D.4.3.6湿度仪引入的标准不确定度

湿度仪的最大允许误差为±8%RH，按均匀分布，则湿度仪测量引入的标准不确定度：

**

D.4.4 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表D.8。

表D.8 标准不确定度一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 标准不确定度来源 | 灵敏度系数 |
| 测量重复性引入的标准不确定度 |  |
| 微差压计引入的标准不确定度 |  |
| 皮托静压管校准系数引入的标准不确定度 |  |
| 温度仪引入的标准不确定度 |  |
| 气压计引入的标准不确定度 |  |
| 湿度仪引入的标准不确定度 |  |

其中，灵敏度系数可由公式（D.4）求偏导得出，具体如下：

本次试验环境：温度为14.8℃，气压为1021.2hPa，相对湿度为68.5%，则各灵敏度系数计算如表D.9。

表D.9 各灵敏度系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （m/s） | 2 | 40 | 60 |
|  | 0.488793 | 0.024955 | 0.016765 |
|  | -0.009286 | -0.000012 | -0.000009 |
|  | -0.023898 | -0.011351 | -0.019205 |
|  | -0.000084 | -0.000040 | -0.000071 |
|  | 0.00000024 | 0.00000012 | 0.00000024 |
|  | -0.00000144 | -0.00000072 | -0.00000132 |

由于各分量之间相互不相关，合成标准不确定度的计算公式如下所示：

其计算结果见表D.10。

表D.10 合成标准不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （m/s） | 2 | 40 | 60 |
|  | 0.0027 | 0.0003 | 0.0004 |

D.4.5 扩展不确定度

取 =2,则扩展不确定度,则扩展不确定度计算结果见表D.11。

表D.11 扩展不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 风速（m/s） | 2 | 40 | 60 |
|  | 0.0054 | 0.0006 | 0.0008 |