《气象低速风洞测试规范》

编制说明

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

规范起草组

2024年4月25日

1 任务来源

本规范由中国气象局提出，由全国压力计量技术委员会气象专业分技术委员会归口。项目于2021年立项，计划项名称《气象低速风洞校准规范》（项目编号：市监计量发〔2021〕50号）。负责起草单位为吉林省气象探测保障中心、中国气象局气象探测中心、佐格微系统（杭州）有限公司。

2 制订本规范的目的和意义

随着地球气候的恶劣变化、极端天气和气象灾害的不断发生，气象、海洋、煤矿、风能等各行业对风传感器测量的精度要求不断提高。风洞作为测风实验的主要配套设备，可为风速风向计量检定提供均匀稳定的流场，其技术性能的好坏会直接影响到风传感器测量结果的准确性与可靠性。

目前，我国使用的气象低速风洞主要分为回路闭口风洞和直路开口风洞两种，主要依据QX/T84-2007《气象低速风洞性能测试规范》和JJG02-1997《矿用低速风洞检定规程》开展风洞性能测试工作。上述两种法规发布实施时间过长，已不能适应风洞技术的发展现状，并且均存在一定的行业局限性，因此，迫切需要针对气象低速风洞制定相应的校准规范，对低速风洞的校准提供通用的法规支撑。

3 编写过程

吉林省气象探测保障中心（吉林省气象仪器计量检定站）作为本规范的主要起草单位。2021年1月初召集参加起草单位（中国气象局气象探测中心、杭州佐格通信设备有限公司）起草人组成编写组。编写组由孔诗媛、李松奎、姚瑶、孙哲、朱可、麻锴、缪琛彪同志组成。由于该规范的第一起草人孔诗媛同志、参与起草人麻锴同志相继辞职，编写任务暂时无法继续，吉林省气象探测保障中心（吉林省气象仪器计量检定站）2023年8月向国家市场监督管理总局申请项目调整。2023年9月，国家市场监督管理总局同意根据技术委员会意见将项目名称《气象低速风洞校准规范》更名为《气象低速风洞测试规范》。同时调整编写组人员为王旭、白赢策、张昊喆、胡林宏、朱可、李松奎、缪琛彪。

王旭作为该规范的第一起草人，重点完成了规范的编写过程及围绕规范所进行试验的组织，提出了规范结构、规范主要内容，完成了规范征求意见稿、试验报告的具体编写以及不确定度评定工作。

白赢策、朱可承担了测量不确定度分析报告和规范征求意见稿具体内容的起草工作；胡林宏、李松奎承担了规范所需试验的组织工作；张昊喆、缪琛彪承担了规范所需试验的具体试验工作。

4 编写依据

在编写本规范时，编写组首先注重参考国际国内已正式发行的相关规范或规范的最新版本，本规范的编写格式遵从了JJF 1002-2010《国家计量检定规范编写规则》的要求，编写过程中参考了JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1094-2002《测量仪器特性评定》、QX/T84-2007《气象低速风洞性能测试规范》、QX/T 323—2016 《气象低速风洞技术条件》及JJF1059 -2012《测量不确定度评定与表示》等国家规范。

5 制订规范的简要过程

**5.1情况调研**

为了满足市场风速传感器的多样性需求，风洞在计量方面不断调整其测量范围和适应性。现行风洞性能测试规范无法覆盖气象低速风洞的发展，基于原先标准只是限定了30m/s以下的气象用风洞，目前经调研气象用风洞最高风速已达到95m/s，并且70m/s风洞已有规模化应用。国内现有的风洞主要有直流式和回流式两种，流速范围一般为（0~70）m/s，广泛应用在在气象、建筑、电力、高校等部门。近几年，我国风洞建设项目仍在不断增加。目前风洞性能测试规范是行业内的标准，风洞测试规范（JJF）是一个空白，需要填补。

**5.2规范制定的情况**

5.2.1计量性能

以QX/T84-2007《气象低速风洞性能测试规范》和QX/T323-2016《气象低速风洞技术条件》标准为参考，对风速流速范围、均匀性、稳定性、轴向流速梯度、温升、噪声等分别给出合理的计量性能要求参考。

**5.2.2标准设备的选择**

给出仪器测量性能指标。

| 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 |

**5.2.3规范测试方法**

结合实际使用情况，确定了气象风洞的测试方法。

6 主要内容的说明

本规范主要是对气象低速风洞的范围、规范性引用文件、术语和定义、概述、计量特性、测试条件、测试项目和测试方法、测试报告等内容提出了要求和规定。

6.1 引言

主要列出了支撑本规范编写工作的基础性系列规范据、编写规则以及首次发布。

6.2 范围

规定了气象低速风洞性能测试项目、测试仪器与环境要求、测试方法和数据处理等。说明了本规范的适用范围。

6.3规范第2条 引用文件

引用了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等国家规程、国标、行标。

6.4规范第3条 术语和计量单位

该规范列出了试验段、流速范围、流速均匀性、流速稳定性、气流偏角、紊流度、轴向流速梯度、温升以及噪声的定义，并指明了流速、气流偏角、温升、噪声的计量单位。

6.5 规范第4条 概述

对风洞的分类、原理、和结构进行了简要说明。

6.6 规范第5条 计量特性

对气象低速风洞（直流式或回流式）的流速范围、流速稳定性、流速均匀性、气流偏角、紊流度、轴向流速梯度、温升、噪声是影响风洞运行精度的重要指标，因此定为其计量特性。但对计量特性指标不作为合格性判据，仅供参考。

（1）流速范围：气象低速风洞出厂标称范围。

（2）流速均匀性：试验段流速均匀性≤1%。

（3）流速稳定性：在风洞测试过程中，2m/s的测试点稳定性表现较差，原因是低速风速基数小，风洞风场受外界影响较大，微小的扰动就会得到较大的相对偏差。因此分段规定了稳定性的误差。试验段流速2m/s（含）以下时，稳定性的最大绝对偏差值≤0.02m/s。试验段流速2m/s以上时，稳定性≤0.5%。

（4）轴向流速梯度：试验段实验有效区域的轴向流速梯度≤1%。

（5）温升：试验段流速达到上限流速时，连续运行30min后温升值≤5℃。

（6）噪声：风洞在流速范围内运行，风洞实验室控制室的最大噪声≤105dB。

6.7 规范第6条 校准条件

（1）校准环境方面。考虑到标准器、配套设备的使用性能，对环境温度、相对湿度提出了具体要求。即温度：（15～30）℃；相对湿度：小于等于85%。

（2）测量仪器方面。给出测量仪器的名称、测量范围及主要技术指标。

6.8 规范第7条 校准项目和校准方法

（1）给出流速范围测试下限和上限测试方法。

（2）给出均匀性测试位置和测试点的选择以及测试方法。

（3）给出稳定性测试位置和测试点的选择以及测试方法。

（4）给出轴向流速梯度测试位置选择和测试方法。

（5）给出温升测试方法。

（6）给出噪声测试方法。

6.9 规范第8条 测试报告

根据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，给出测试工作结束后应出具测试报告及模板。

6.10 附录

附录A 空气流速计算方法。标准风速的计算公式直接采用了伯努利方程。

附录B 流速均匀性测试测点布置图

附录C 测试报告附页格式

附录D 气象低速风洞测试不确定度评定量示例

7 **实验验证**

本测试规范试验数据源于国家气象计量站。另外依托杭州佐格通信设备有限公司进行实验验证工作。实验结果表明气象低速风洞测试规范满足计量业务需求。

测量不确定度评定充分考虑了测量方法、测量标准、被检仪器、测量人员、测量环境的影响因素。对各项数据进行了大量计算和分析，遵从了统计原则和合理原则，不遗漏、不重复。具体详见测量不确定度分析与评定报告。

《气象低速风洞测试规范》起草组

2024年4月25日