



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 323—2016

气象低速风洞技术条件

Technical condition of meteorological low speed wind tunnel

2016-05-31 发布

2016-11-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 结构组成	1
5 要求	2
6 试验方法	5
7 检验方法	7
附录 A(规范性附录) 空气流速计算方法	8

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)提出并归口。

本标准起草单位:黑龙江省气象局。

本标准主要起草人:韩书新、张纯钧、颜平江、赵旭、徐嘉、黄清治。

气象低速风洞技术条件

1 范围

本标准规定了气象低速风洞(以下简称风洞)的技术要求、试验方法、检验规则、设备安装等。

本标准适用于上限流速为 40 m/s 直流式和单回流式气象风洞的设计、生产、检验和验收,上限流速 40 m/s 以上的风洞也可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

JJG (气象) 004—2011 自动气象站风向风速传感器

QX/T 84—2007 气象低速风洞性能测试规范

3 术语和定义

QX/T 84—2007 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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,用规定时间间隔内气流速度相对于气流平均速度变化量的最大值与平均速度之比(即稳定性系数)表示。

3.2

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,用该截面上各点气流速度的相对标准偏差(即均匀性系数)表示。

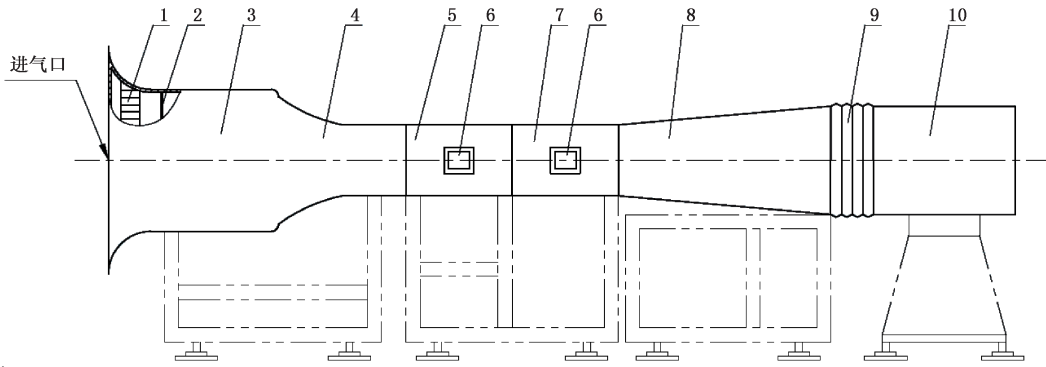
4 结构组成

4.1 直流式风洞

一般由进气口、稳定段(包括蜂窝器和阻尼网)、收缩段、主试验段、第二试验段(或转换段)、扩散段、动力段(包括电动机)以及支架和流速控制系统组成。直流式风洞示意图,见图 1。

4.2 单回流式风洞

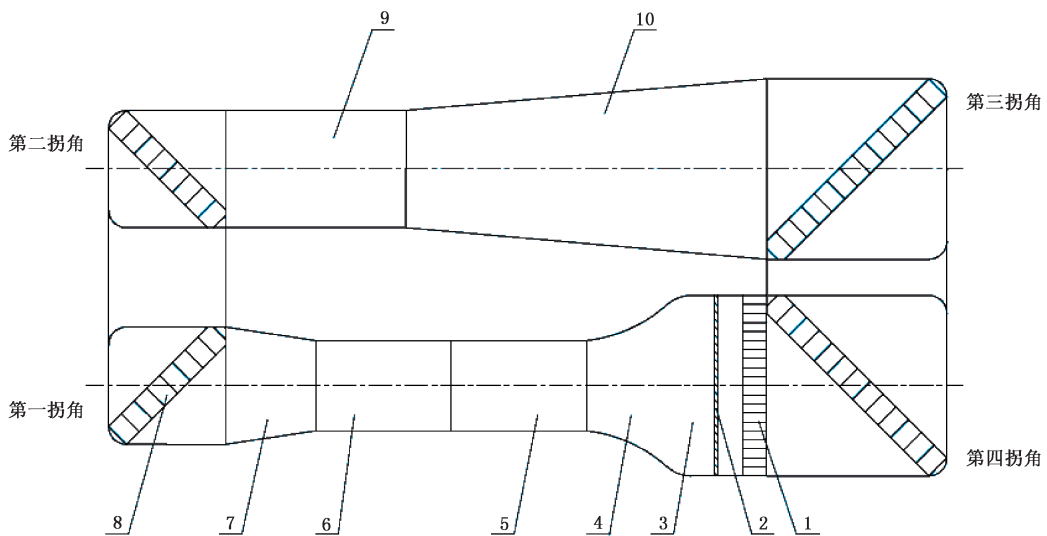
一般由主试验段、第二试验段、扩散段、动力段(包括电动机)、回流段、稳定段、收缩段、蜂窝器、阻尼网、拐角、拐角导流片以及支架和流速控制系统组成。单回流式风洞鸟瞰示意图,见图 2。



说明：

- 1——蜂窝器；2——阻尼网；3——稳定段；4——收缩段；5——主试验段；
6——观察窗；7——第二试验段；8——扩散段；9——软连接；10——动力段。

图 1 直流式风洞示意图



说明：

- 1——蜂窝器；2——阻尼网；3——稳定段；4——收缩段；5——主试验段；
6——第二试验段；7——扩散段；8——拐角导流片；9——动力段；10——回流段。

图 2 单回流式风洞鸟瞰示意图

5 要求

5.1 一般要求

5.1.1 外观

外观要求如下：

- 风洞外壁应光洁、无损伤、无变形、涂层无脱落；
- 风洞内壁应光滑、无凹凸不平和划痕、涂层牢固；
- 风洞软连接应无损伤、无变形；
- 风洞观察窗与风洞外壁连接处应有密封圈，合上后应密闭无缝隙；

- e) 风洞试验段内应按批准图样在适当位置设有标准仪器和被检测仪器的安装孔和测试孔,并配有相应仪表固定卡具;卡具应方便使用;试验段内同时应配有小型照明装置;
- f) 风扇叶轮应能随遇平衡,用手拨动风扇叶轮,叶轮应能自然停止在任意位置;风洞运行时,风扇转动应平稳,无明显偏摆;
- g) 风洞的蜂窝器、阻尼网应能方便拆下和安装,以便清洗。

5.1.2 安装

安装要求如下:

- a) 风洞洞体各部分连接应牢固、紧密;
- b) 风洞各组件、部件、零件安装应正确、牢固;
- c) 风洞的操纵、控制、制动装置应可靠、方便;
- d) 风洞安装后,应保证水平、牢固,风洞运行时应平稳、安全;
- e) 直流式风洞的支撑架应不对气流有较明显的阻挡。

5.2 电气部件

5.2.1 电源

供电要求如下:

- a) 风洞电动机供电:AC 380 V,50 Hz;
- b) 控制系统供电:AC 220 V,50 Hz。

5.2.2 开关

应安装具备过载、漏电、短路保护功能的电源总开关,开关的额定电压、额定电流值应满足 AC 380 V、60 A 的最低容量要求。

5.2.3 布线

线缆应有适当保护,以保证这些导线不会接触到可能会引起导线绝缘损伤的部件;当线缆穿越障碍时,穿线孔应进行倒角或圆滑处理,不应有锋利的边缘,线缆应装有衬套。风洞和控制设备之间的连接线要布置整齐,使用线夹、电缆套或管道固定好,线束内的线路要编扎好,走线安排应使任何接线总成的拆除不会影响到与该总成无关的线缆。

5.3 主试验段工作界面几何尺寸

应能满足被检测测风仪器的需要。一般情况下,置于试验段内的被检测测风仪感应器的投影面积与风洞主试验段横截面积之比应不大于 0.05。

5.4 环境适应性

5.4.1 风洞安装环境

风洞安装应满足下述环境要求:

- a) 实验室容积应等于试验段直径三次方的 400 倍~500 倍;
- b) 直流式风洞的实验室净高不小于 3 m,直流式风洞出气口与墙壁的距离应不小于进气口直径的 2 倍,进气口与墙壁的距离应不小于进气口直径;
- c) 单回流式风洞洞体与四周墙壁的距离应不小于 1 m;
- d) 实验室应设独立控制室。

5.4.2 工作温、湿度环境

风洞在 10℃~35℃ 温度范围及不大于 85% 的相对湿度环境下应能正常工作。

5.5 控制软件功能性要求

5.5.1 传感器信息记录

控制软件应有完整的传感器信息记录功能,主要包括传感器的名称、型号、出厂编号、生产厂家等产品信息,还要包括委托单位等相关送检单位信息。并能根据传感器信息选择对应的数据处理程序。

5.5.2 标准器及主要配套设备信息录入

控制软件应有风洞标准器及主要配套设备信息录入功能,主要包括标准皮托静压管、微差压计、气压传感器、温湿度传感器等信息录入。

5.5.3 风速点设定与风速控制

风速点设定应满足在风速 0.2 m/s~1.0 m/s 范围内,设定风速间隔为 0.1 m/s;在 1.0 m/s~40 m/s 范围内,设定风速间隔为 1.0 m/s。并能满足至少 10 个检测点的设定和检测。

应能保证风洞内气流升速或降速过程中,气流平稳升降无跳跃。并在风速达到稳定的过程中,有微调功能。

5.5.4 报警

当风洞内风速达到风洞设计的上限时,软件应能够发出报警;在风速超过风洞设计上限时,软件应能控制立即停车,以保证风洞运行的安全。

5.5.5 风速与微差压计显示精度

参照 JJG(气象)004—2011 对风速传感器的检定要求,风速显示精度应为 0.01 m/s,微差压计显示精度应为 0.1 Pa。

5.5.6 数据采集与处理

数据应保证风速达到设定点后,稳定时间要不少于 2 min 再进行采集;对待检传感器和标准器值同时进行连续数据采集,在 1 min 时间内连续数据采集不应少于 20 组并取平均值。

待检传感器可依据其风速计算方程进行数据处理,标准器数据按附录 A 进行处理。将待检传感器与标准器的检测数据进行比较,判断其结果应符合 JJG(气象)004—2011 中 4.1 的规定,并给出检定结果。

5.5.7 数据输出

数据输出应能保证对单次检测的传感器信息及采集数据形成原始数据并及时输出至打印机,以形成纸质原始数据。

5.5.8 数据检索

数据检索应能保证对已记录的传感器信息及原始数据进行方便的查询与输出。

5.5.9 数据存储要求

数据存储应满足以下要求:

- a) 数据存储格式为 txt 文本格式,原始数据存储内容除包含待检传感器和标准器检测数据外,还应提供必要配套设备的数据信息(如温度、湿度、大气压力等),并在原始数据文本中给出检定结果;
- b) 原始数据文本编号应简单明了,并能保证有足够的编号空间供数据存储使用;
- c) 数据存储容量应保证有足够的存储空间,以保证传感器检测原始数据的存储能力;
- d) 应避免将数据存储至系统盘,以防止系统崩溃后数据无法挽回。

5.6 技术要求

5.6.1 流速范围

一般为 0.2 m/s~40 m/s,也可根据不同的使用需要由相应的设计要求确定。

扩展不确定度:风速在 0.2 m/s~12 m/s 时, $U=0.15\%$ ($k=2$);风速大于 12 m/s 时, $U=1.24\%$ ($k=2$);其中, U 为扩展不确定度, k 为包含因子。

5.6.2 主试验段流速均匀性

流速的均匀性系数应不大于 1%。

5.6.3 主试验段流速稳定性

流速的稳定性系数应不大于 0.5%。

5.6.4 气流偏角

主试验段气流偏角应不大于 1°。

5.6.5 紊流度

主试验段紊流度应不大于 0.5%。

5.6.6 温升

主试验段流速为上限流速时,连续运行 10 min 后温升值应不大于 5℃。

5.6.7 噪声

风洞在流速范围内运行,风洞实验室内的最大噪声应小于 85 dB。

5.6.8 连续工作时间

应不小于 8 h。

6 试验方法

6.1 外观与结构

目测并操纵风洞运转,其结果应符合 5.1 的要求。

6.2 试验段工作截面几何尺寸

用钢板尺或卷尺检查经计算后其截面积之比应符合 5.3 的要求。

6.3 试验环境条件

试验环境应符合 5.4 的要求。

6.4 技术性能

6.4.1 测试仪器设备

测试仪器应符合 QX/T 84—2007 中 3.1 的规定。

6.4.2 流速范围测试

流速范围测试应按 QX/T 84—2007 中 5.1 的规定进行,其测试结果应符合 5.6.1 的要求。测试时微差压计测值计算气流速度的方法应按附录 A 进行。

6.4.3 试验段流场均匀性测试

应按 QX/T 84—2007 中 5.2 的规定进行。

其流速均匀性系数测试结果应符合 5.6.2 的要求。

6.4.4 试验段流场稳定性测试

应按 QX/T 84—2007 中 5.3 的规定进行。

其流速稳定性系数测试结果应符合 5.6.3 的要求。

6.4.5 气流偏角测试

将流向管安装在试验段仪器安装位置,使测管垂直于试验段纵向轴线,角度盘的零位线准确平行于风洞纵向轴线。控制试验段流速在 $20\text{ m/s} \pm 0.5\text{ m/s}$,测量时,转动测管使两侧孔压差为零,读出角度盘零刻线与方向测管指针的夹角值,即为气流偏角。共测定三次,计算三次测试所得气流偏角的算术平均值,即为该风洞的气流偏角。

其测试结果应符合 5.6.4 的要求。

6.4.6 紊流度测试

应按 QX/T 84—2007 中 5.6 的规定进行。

其测试结果应符合 5.6.5 的要求。

6.4.7 温升测试

将温度计安装在风洞试验段内,控制电动机转速,使主试验段流速稳定在风洞上限流速,流速稳定后,记录温度计测值,10 min 后再次记录温度计测值。

然后根据下式计算试验段温升。

$$\Delta T = T - T_0$$

式中:

ΔT ——风洞运行 10 min 试验段温度上升的值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

T ——10 min 后温度计测值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

T_0 ——温度计的初始测值,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

其测试结果应符合 5.6.6 的要求。

6.4.8 噪声测试

应按 QX/T 84—2007 中 5.9 的规定进行。

其测试结果应符合 5.6.7 的要求。

6.4.9 连续工作时间

将风洞实验室的环境相对湿度控制在 80%~85%，温度控制在 30℃~35℃，风洞流速调整控制在 20 m/s±0.5 m/s，其能安全正常连续工作的时间应符合 5.6.8 的要求。

7 检验方法

7.1 检验条件

所有试验均应在下述条件下进行：

- a) 环境温度：15℃~30℃；
- b) 环境相对湿度：≤80%；
- c) 风洞电机供电：AC 380 V, 50 Hz；
- d) 控制系统供电：AC 220 V, 50 Hz。

风洞检验项目应在使用现场进行，即风洞各段应到使用单位实验室进行组装后才能进行检验。

7.2 检验时机

下列情况下发生时，应进行风洞检验：

- a) 新型风洞建设或老型风洞升级改造；
- b) 风洞改造后，若材料、结构、工艺有较大改变，可能影响产品性能；
- c) 已停止运行的风洞，恢复运行；
- d) 国家质量监督机构对风洞提出检验要求；
- e) 正常连续运行的风洞，每年应进行一次。

7.3 检验项目

7.3.1 一般要求检查

目视检查风洞组成与外观。

7.3.2 电气部件检查

目视(必要时使用器具)检查电源、开关、线缆、布线等，应符合 5.2 的要求。

7.3.3 性能检验

试验方法按照第 6 章进行。

7.3.4 判定规则

当风洞性能不符合第 5 章中任意一条规定时，应进行修理调整后重新检验，若检验结果仍有一项或多项不合格，则判定该风洞性能为不合格。

附 录 A
(规范性附录)
空气流速计算方法

A.1 标准状态下空气流速的计算

将微差压计读数值减去初始零位读数值,得出实测动压值,然后按式(A.1)计算标准状态下的空气流速值。

$$V_1 = 1.278 \sqrt{P_V} \quad \dots\dots\dots(A.1)$$

式中:

- V_1 —— 标准状态下的空气流速值,单位为米每秒(m/s);
- P_V —— 实测动压值,单位为帕(Pa)。

A.2 空气密度修正系数的计算

根据测试过程中的空气温度、相对湿度和大气压力值,按式(A.2)计算空气密度修正系数。

$$K_\rho = \sqrt{\frac{1013.25(273.15 + t)}{288.15(P - 0.378ue_w)}} \quad \dots\dots\dots(A.2)$$

式中:

- K_ρ —— 空气密度修正系数;
- t —— 空气温度,单位为摄氏度(°C);
- P —— 大气压力,单位为百帕(hPa);
- u —— 空气相对湿度;
- e_w —— 温度为 $t^\circ\text{C}$ 时的饱和水汽压,单位为百帕(hPa)。

A.3 总修正系数的计算

根据式(A.3)计算总修正系数。

$$K = K_\rho \sqrt{r_i \xi k_c} \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

- K —— 总修正系数;
- r_i —— 微差压计工作液体的密度修正系数(工作液体为蒸馏水时, r_i 为 1.000);
- ξ —— 皮托管校准系数;
- k_c —— 微差压计系数(采用一、二等补偿式微压计时, k_c 为 1.000)。

A.4 空气流速的计算

根据式(A.4)计算出实际的空气流速值。

$$V = KV_1 \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

式中:

- V —— 实际空气流速,单位为米每秒(m/s)。

中华人民共和国
气象行业标准
气象低速风洞技术条件

QX/T 323—2016

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68409198
北京中新伟业印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:1 字数:30千字
2016年9月第一版 2016年9月第一次印刷

*

书号:135029-5819 定价:15.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301