

中华人民共和国国家标准

GB/T 44448—2024

低速风洞性能测试规范

Test specification for low-speed wind tunnel performance

2024-09-29 发布

2024-09-29 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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 测试要求 1

5 测试方法 2

6 测试报告 5

附录 A（资料性） 标准流速计算方法 7

附录 B（规范性） 流速均匀性测试点的布置 8

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国气象局提出。

本文件由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)归口。

本文件起草单位：中国气象局气象探测中心、中国人民解放军 61540 部队、新疆维吾尔自治区气象技术装备保障中心、佐格微系统(杭州)有限公司、浙江省大气探测技术保障中心、航天新气象科技有限公司、西藏自治区大气探测技术与装备保障中心、中国人民解放军 93220 部队。

本文件主要起草人：陈曦、李松奎、姜明波、殷星晨、崇伟、齐涛、缪琛彪、罗昶、孙立新、朱静、袁伟、陈华、罗藏加、杨跃鑫。

低速风洞性能测试规范

1 范围

本文件规定了低速风洞(以下简称风洞)测试要求,给出了对应的测试方法、测试报告等。
本文件适用于空气流速不大于 85 m/s 气象低速风洞的主要性能测试。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

试验段 test section

风洞内用于安装被测仪器或标准器的区域。

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。

3.2

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。

3.3

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。

3.4

流速比 velocity ratio

风洞流速范围内,其他试验段与主试验段气流速度的比值。

3.5

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。

注:单位为摄氏度(℃)。

4 测试要求

4.1 测试项目

根据实际应用需要,选择试验段及测试项目。测试项目一般包括流速范围、流速均匀性、流速稳定性、流速比、温升和噪声。测试项目要求应符合表 1 的规定。

表 1 测试项目要求

测试项目	技术要求
流速范围	不大于 85 m/s
流速均匀性	不大于 1%
流速稳定性	空气流速大于 2 m/s 时,不大于 0.5%
流速比	应测量所有使用试验段
温升	不大于 5 ℃
噪声	不大于 105 dB

4.2 测试仪器

测量仪器性能指标不应低于表 2 的要求。

表 2 测量仪器性能指标

分类	仪器名称	性能指标
标准器	标准皮托静压管	校准系数:0.997~1.003
	微差压计	最大允许误差:±0.5 Pa
	热线流速仪	最大允许误差:±0.1 m/s
配套设备	温度测量仪器	最大允许误差:±0.5 ℃
	湿度测量仪器	相对湿度最大允许误差:±8.0%
	气压测量仪器	最大允许误差:±2 hPa
	声级计	最大允许误差:±2 dB
注:热线流速仪为空气流速 2 m/s 以下时作为标准器使用。		

4.3 环境条件

测试环境条件应满足下列要求:

- a) 温度:15 ℃~30 ℃;
- b) 湿度:相对湿度不大于 85%。

5 测试方法

5.1 流速范围

5.1.1 流速下限

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。

5.1.2 流速上限

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。

5.1.3 数据处理

流速值及流速范围按照下列方法进行处理:

- 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。

5.2 流速均匀性

5.2.1 测试点布置

选择试验段仪器安装截面作为被测截面。同一截面测试点的布置应采用等间距法或坐标轴法,选择的测试点应确保在有效试验区域内,测试点不少于 5 个,测试点的布置应符合附录 B 的规定。

5.2.2 流速测试点

在试验段流速范围内均匀选择流速测试点,至少选择该试验段流速的上限、下限及中间点。下限点宜取 2 m/s。

5.2.3 测试步骤

应按下列步骤进行测试:

- a) 将标准皮托静压管按选定的测试点位置安装固定;
- b) 使被测截面流速稳定在选定的流速测试点;
- c) 流速稳定后,1 min 内等间隔读取 10 次示值;
- d) 依次完成所有测试点测试。

5.2.4 数据处理

被测截面的平均流速按公式(1)计算:

$$\overline{v}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_{a,i} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\overline{v}_a$ ——被测截面平均流速值,单位为米每秒(m/s);

n —— 读数次数;

$v_{a,i}$ ——第 i 测试点流速值,单位为米每秒(m/s)。

被测截面相应流速下的均匀性 u 按公式(2)计算:

$$u = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{v_{a,i} - \overline{v}_a}{\overline{v}_a} \right)^2 / (n - 1)} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

5.3 流速稳定性

5.3.1 测试位置

应选取试验段被测截面中心作为测试位置。

5.3.2 流速测试点

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。下限点宜取 2 m/s。

5.3.3 流速稳定性测试步骤

应按下列步骤进行测试。

- a) 将标准器按选定的试验段截面中心安装固定。
- b) 使被测截面流速稳定在某一选定流速。
- c) 流速稳定后,每隔 5 s 读一次,共读取 12 次示值。重复测量 3 次。
- d) 依次完成所有测试点测试。

5.3.4 数据处理

流速稳定性 η 按公式(3)计算:

$$\eta = \frac{|v_{b,i} - \bar{v}_b|_{\max}}{\bar{v}_b} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$v_{b,i}$ ——某次测试中第 i 个瞬时流速值,单位为米每秒(m/s);

$\bar{v}_b$ ——某次测试 1 min 内的平均流速值,单位为米每秒(m/s)。

每种流速下 3 次测得的稳定性值的算术平均值为所测试验段该流速下的稳定性。2 m/s 以下稳定性用绝对值表示。

5.4 流速比

5.4.1 测试位置

流速比测试在主试验段与不同直径的试验段连接情况下进行,测试位置选择主试验段仪器安装截面中心及选定试验段标准器安装截面中心。

5.4.2 流速测试点

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。下限点宜取 2 m/s。

5.4.3 流速比测试步骤

应按下列步骤进行测试。

- a) 将标准器在主试验段和选定试验段标准器截面中心安装固定在各自的截面中心。
- b) 使主试验段测截面流速稳定在某一选定流速。
- c) 流速稳定后,流速稳定后同时读记主试验段和选定试验段标准器示值。重复测量 3 次。
- d) 依次完成所有测试点测试。

注:当试验段流速小于 2 m/s 时,标准器选择热线流速仪。

5.4.4 数据处理

根据公式(4)计算风洞其他试验段与主试验段流速的比值：

$$N_i = \frac{U_i}{v_{c,i}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：
 N_i —— 某流速点其他试验段与主试验段流速的比值；
 U_i —— 某个其他试验段流速值，单位为米每秒(m/s)；
 $v_{c,i}$ —— 主试验段流速值，单位为米每秒(m/s)。

根据公式(5)计算流速比 $\overline{N}$ ：

$$\overline{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n'} N_i \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 n' —— 测试流速点数。

5.5 温升

5.5.1 测试步骤

应按下列步骤进行测试：

- a) 将温度测量仪器安装在风洞试验段内；
- b) 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。

5.5.2 数据处理

根据公式(6)计算试验段温升：

$$\Delta T = T' - T_0 \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 ΔT —— 风洞运行 10 min 试验段温度上升的值，单位为摄氏度(℃)；
 T' —— 10 min 后温度测量仪器示值，单位为摄氏度(℃)；
 T_0 —— 温度测量仪器的初始示值，单位为摄氏度(℃)。

5.6 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声值。

6 测试报告

测试完成后应编制测试报告，报告应包括但不限于下列内容：

- a) 标题“测试报告”；
- b) 测试单位名称和地址；
- c) 进行测试的地点；
- d) 报告的唯一性标识(如编号)，每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；

- f) 被测风洞的描述和明确标识；
- g) 进行测试的日期；
- h) 测试依据；
- i) 测试所用标准仪器的溯源性及有效性说明；
- j) 测试环境的描述；
- k) 测试结果；
- l) 测试报告签发人的签名或等效标识；
- m) 测试结果仅对被测风洞有效性的声明；
- n) 未经测试单位书面批准,不应部分复制证书的声明。

附录 A
(资料性)
标准流速计算方法

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 e_w :

$$e_w = k \times e^{(AT^2 + BT + C + \frac{D}{T})} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- e_w —— 试验段内空气温度下的饱和水汽压的数值,单位为帕斯卡(Pa);
- k —— 固定值,单位为帕斯卡(Pa),取值为 1;
- e —— 自然对数, e 约为 2.718 28;
- A —— 固定值,单位为开尔文的负二次方(K^{-2}),取值为 $1.237\ 884\ 7 \times 10^{-5}$;
- T —— 试验段内空气温度值,单位为开尔文(K);
- B —— 固定值,单位为开尔文的负一次方(K^{-1}),取值为 $-1.912\ 131\ 6 \times 10^{-2}$;
- C —— 固定值,无量纲数,取值为 33.937 110 47;
- D —— 固定值,单位为开尔文(K),取值为 $-6.343\ 164\ 5 \times 10^3$ 。

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

$$\rho = 3.483\ 53 \times 10^{-3} \times \frac{1}{T} (P_0 - 0.378 \times H \times e_w) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

- ρ —— 空气密度值,单位千克每立方米(kg/m^3);
- T —— 同公式(A.1);
- P_0 —— 试验段内大气压力值,单位百帕斯卡(hPa);
- H —— 试验段内空气相对湿度值, %;
- e_w —— 同公式(A.1)。

A.3 将空气密度值和微压计示值代入公式(A.3)计算出标准流速值:

$$\nu = k' \times \sqrt{\frac{2p}{\rho}} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- ν —— 标准流速值,单位为米每秒(m/s);
- k' —— 标准皮托静压管系数值;
- p —— 微压计示值,单位为帕斯卡(Pa)。

附 录 B
(规范性)
流速均匀性测试点的布置

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测试点布置见图 B. 1,八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。

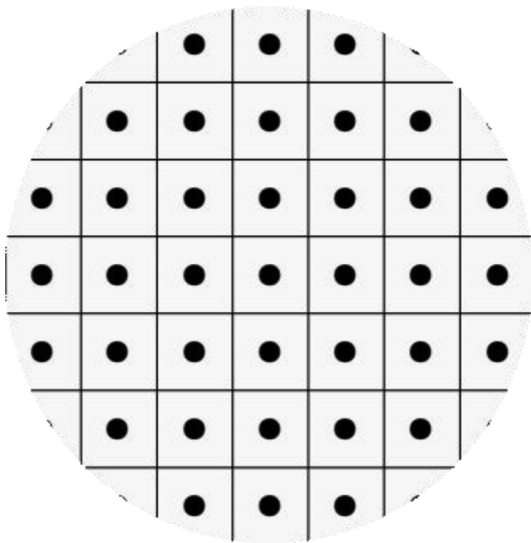


图 B.1 圆形试验段截面等间距法测试点布置图

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见图 B.2,八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。

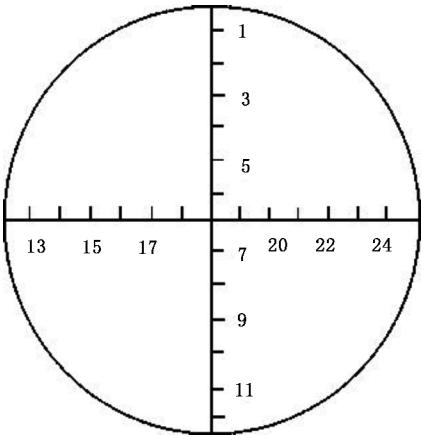


图 B.2 圆形试验段截面坐标轴法测试点布置图

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

低速风洞性能测试规范

GB/T 44448—2024

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.net.cn

服务热线:400-168-0010

2024年9月第一版

*

书号:155066·1-77268

版权专有 侵权必究