

# ANSI/AMCA 标准 500-D-18

## 风阀额定值的实验室测试方法

由 ANSI 批准并于 2018年12月6日成为  
美国国家标准



### Air Movement and Control Association International

AMCA 总部

30 W. University Drive, Arlington Heights, IL 60004-1893, USA  
communications@amca.org ■ Ph: +1-847-394-0150 ■ www.amca.org



# AMCA 标准 500-D-18

## 风阀额定值的实验室测试方法

---



Air Movement and Control Association International  
30 West University Drive  
Arlington Heights, Illinois  
60004

# AMCA 标准

**权威性** AMCA 标准 500-D-18 于 2018 年 6 月 1 日由 Air Movement and Control Association International Inc 成员采纳。于 2018 年 12 月 6 日由美国国家标准协会(ANSI)批准其为国家标准并开始生效。

**版权** © 2018 由 Air Movement and Control Association International, Inc.

保留所有权利。未经版权所有者的许可，对本文任何部分进行超出美国版权法第 107 章和 108 章允许范围的复制或翻译都是违法的。申请许可权或索取更多信息，请联系 Air Movement and Control Association International, Inc. 执行主席，地址：30 West University Drive, Arlington Heights, IL 60004-1893 U.S.A.。

**导议** Air Movement and Control Association International, Inc. 将认真对待关于其标准、认证程序或其中某些内容阐述的所有书面投诉意见。要了解有关投诉意见提交和处理程序的信息，请写信给：

AMCA International  
30 West University Drive  
Arlington Heights, IL 60004-1893 U.S.A.

European AMCA  
Avenue des Arts, numéro 46  
à Bruxelles (1000 Bruxelles)

Asia AMCA Sdn Bhd  
No. 7, Jalan SiLC 1/6,  
Kawasan Perindustrian SiLC Nusajaya  
Mukim Jelutong, 79200 Nusajaya, Johor  
Malaysia

**免责声明** AMCA 致力于依据可获得的信息和公认的行业惯例为行业及公众编写出版物。但是，对于按照 AMCA 标准测试、设计、安装或操作的任何产品、组件或系统的安全性或性能，AMCA 不做任何担保、认证或保证，也不保证按照该出版物进行的任何测试是安全、无风险的。

注：对于 AMCA 标准 500 的翻译中出现的任何偏差，请参阅标准 500 的英文版本，如此则可以替代部分或全部的文件翻译内容。

## 审查委员会

Dane Carey (Chair)	TAMCO
Karina Saenz Acosta	AAON Inc.
David Hustvedt	AcoustiFlo LLC
Eric Gohring	Air Balance
Tim Fleitz	Air Conditioning Products Co.
Cedric Chu	Aire Technologies, Inc.
Noman Qamar	Aldes Middle East
Jacob Carr	American Warming and Ventilation
John Penka	American Warming and Ventilation
Alex Talwar	Greenheck Fan Corporation
Kyle Vach	Greenheck Fan Corporation
Marty Gissel	Greenheck Fan Corporation
Mike Astorian	Nailor Industries Inc.
Eric Stanczyk	Metal Industries Inc.
Matt Remington	Pottorff
Matthew Joyce	Price Industries, Inc.
Kamil Mohamed	Prime Air Conditioning Industries, Inc
Joe Rockhold	Ruskin
Ganeson Kandasamy	The Trane Co.
Mike Dean	United Enertech Corp.
Maribel Saffo	Williams Furnace Co.
Joe Brooks	AMCA International

# 目录

<b>1.</b>	<b>目的</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>范围</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>定义/测量单位/符号</b>	<b>1</b>
3.1	定义	1
3.2	计量单位	4
3.3	符号和下标	5
<b>4.</b>	<b>仪器和测量方法</b>	<b>7</b>
4.1	精度 [4]	7
4.2	压力	7
4.3	风量	8
4.4	扭矩	9
4.5	空气密度	9
4.6	电压	10
4.7	电表	10
4.8	气动执行器的供气压力	10
4.9	压力表	10
4.10	计时器	10
4.11	风速仪	10
<b>5.</b>	<b>设备及装置</b>	<b>10</b>
5.1	设置	10
5.2	管道	11
5.3	风室	11
5.4	可变送风和排风系统	12
<b>6.</b>	<b>目的、观察和测试规则</b>	<b>12</b>
6.1	空气性能 — 压降测试	12
6.2	采用环境空气时的气流泄露率	16
6.3	采用环境空气或加热空气的气流泄露率 [15]	20
6.4	采用环境空气的动态关闭测试	22
6.5	采用环境空气的运行测试	25
6.6	风阀的动态运行扭矩	28
6.7	采用高温空气的动态关闭测试	30
6.8	采用高温空气的运行测试	33
6.9	热能效测试	36
<b>7.</b>	<b>计算</b>	<b>38</b>
7.1	校准修正	38
7.2	空气密度和粘度	38
7.3	在试验条件下的流量	39
7.4	密度修正	42

7.5 质量流量的连续性 .....	42
7.6 空气泄漏—系统泄漏修正 .....	42
7.7 压降—管道系统修正 .....	43
7.8 空气泄漏—高温泄漏测试的系统泄漏修正 .....	43
7.9 热能效 .....	44
<b>8. 参考文献 .....</b>	<b>45</b>
<b>附录A .....</b>	<b>76</b>
A.1 额定空气性能—压降 .....	76
A.2 额定空气泄漏 .....	76
<b>附录B .....</b>	<b>77</b>
<b>附录C .....</b>	<b>78</b>

# 风阀额定值的实验室测试方法

## 1. 目的

本标准旨在建立统一的实验室风阀测试方法。需要确定的特性按情况而定，可包括空气泄漏、压降、动态关闭以运行扭矩等。

本标准不针对设计、生产或现场测试而规定测试步骤。简而言之，本标准不会就有关产品的应用表明或建立最低或最高额定性能。

## 2. 范围

当使用空气作为测试气体时，本标准可用作风阀测试的基础。

按照本标准的要求进行测试，是为了证明风阀的性能，而不是为了确定风阀的合格水平。对于实际测试的排序说明不在本标准的范围之内。

用于性能保证的测试各方，可在测试之前就有关本标准的例外情况以书面形式达成共识。但是，不违反本标准任何强制性要求的仅一次的测试，必须认定为符合本标准的测试。

对于调节控制特性风阀的更多资料，参见附录C。

## 3. 定义/测量单位/符号

### 3.1 定义

#### 3.1.1 风阀

一种安装在管道或开口处的设备，用于改变通过管道或开口处的空气流量。可以人工操作或机械操作，可以有单叶片或多叶片。

##### 3.1.1.1 单叶风阀

仅有一个叶片的风阀

##### 3.1.1.2 多叶风阀

叶片数量多于一个的风阀。叶片旋转方向相同的，为平行风阀；相邻叶片旋转方向相反的，为对开风阀。

##### 3.1.1.3 幕帘风阀

一种采用折叠式、相互连结成一串叶片的风阀。

##### 3.1.1.4 止回阀(关闭器)

止回阀为一种风阀，当其安装在管道或开口处时，只允许空气在一个方向流动。通常由气流的能量开启，但也可采用机械方式开启和/或关闭。配重平衡式止回阀在叶片上设有配重块和/或弹簧，以帮助或阻止开启或关闭动作的进行。

### 3.1.2 风量调节阀

一种机械设备，不符合风阀的定义，当安装在管道或开口处时，可用于调节风量。

### 3.1.3 自由面积

空气可以通过的最小面积。由中间叶片最小间距之和，加上顶部叶片、头部及底部叶片与窗台的距离，乘以竖框之间的最小距离，从而得到这个面积。由此可以计算得到有效面积百分比，即有效面积除以风量调节阀总面积再乘以100，见风阀截面(图1)。

### 3.1.4 截面面积

风阀、管道或墙上开口的总截面积(见图1)。

### 3.1.5 干湿表

#### 3.1.5.1 干球温度( $t_d$ )

干球温度为采用干式温度传感器测量得到的空气温度。

#### 3.1.5.2 湿球温度( $t_w$ )

湿球温度为借助暴露于流动着空气中的用裹着湿纱布的温度传感器测得的空气温度。在正确测量时，近似等于绝热饱和温度。

#### 3.1.5.3 总温度( $t_t$ )

指由于空气或气体的内能和动能而存在的温度。如果空气或气体是静止的，总温度将等于静态温度。

#### 3.1.5.4 静态温度( $t_s$ )

由于空气的内能而存在的温度。

如果部分内能转换成动能，静态温度就会相应降低。

#### 3.1.5.5 空气密度( $\rho$ )

每单位体积的空气质量。

#### 3.1.5.6 标准空气

标准空气即密度为 $1.2 \text{ kg/m}^3$  ( $0.075 \text{ lbm/ft}^3$ )、比热比为1.4、粘度为 $1.8185 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$  ( $1.222 \times 10^{-5} \text{ lbm/ft}\cdot\text{s}$ )的空气。温度为 $20^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ )、相对湿度为50%及大气压为 $101.3207 \text{ kPa}$  ( $29.92 \text{ in. Hg}$ )的空气近似具有这些属性。

### 3.1.6 压力

#### 3.1.6.1 压力(P)

压力等于单位面积上的力。相当于单位容积流体的能量。

#### 3.1.6.2 绝对压力(p)

绝对压力为基准压力等于零时的压力数值。它始终是正数。

#### 3.1.6.3 大气压 ( $p_b$ )

大气压为测量当地大气所产生的绝对压力。

#### 3.1.6.4 表压

表压为以测点处大气压为基准压力的压力数值。可以为正或为负。

#### 3.1.6.5 动压( $P_v$ )

动压为空气压力的一部分，因运动速度而存在。它始终是正数。

#### 3.1.6.6 静压( $P_s$ )

静压为空气压力的一部分，仅因压缩程度而存在。表示为表压时，可以为负或为正。

#### 3.1.6.7 全压( $P_t$ )

全压即为因压缩程度和运动速度而存在的空气压力。等于某一点处动压与静压的代数和。因此，如果空气是静止时，全压就等于静压。

### 3.1.6.8 压差( $\Delta P_{x,x}$ )

压差即为风阀前后静压的变化。

## 3.1.7 性能变量

### 3.1.7.1 压降( $\Delta P$ )

压降为气流流过风阀所遇阻力的衡量。表示为特定风量下风阀前后的静压差。

### 3.1.7.2 关闭压力

关闭压力为风阀在关闭状态下其前后的压差。

### 3.1.7.3 气流泄露

气流泄露为风阀处在关闭状态时和特定压差下通过风阀的空气量的大小。表示为通过风阀的空气容积流量除以截面面积。

### 3.1.7.4 环境温度动态关闭

当风阀处在环境温度( $0^{\circ}\text{C} - 49^{\circ}\text{C}$  [ $32^{\circ}\text{F} - 120^{\circ}\text{F}$ ])的特定气流状态时, 风阀从全开位置正确运行至全闭位置的能力。特定气流状态指风阀全开时的气流截面风速和全闭时风阀前后的压差。气流截面风速是在风阀全开时确立的风速。压差则在风阀全闭时确立。所有的气流测量和压差测量均在环境条件下进行, 然后按照标准空气予以修正。风阀可以在接管道或壁式安装进行测试。

### 3.1.7.5 高温动态关闭

高温动态关闭为当风阀处在特定高温空气的特定气流状态时, 风阀从全开位置正确运行至全闭位置的能力。

特定气流状态指风阀全开时的气流截面风速和全闭时风阀前后的压差。气流截面风速是风阀全开时确立的风速。压差则在风阀全闭时确立。所有的气流测量和压差测量均在环境条件下进行, 然后按照标准空气予以修正。这测试只能采用管道连接的装置进行。

### 3.1.7.6 环境温度运行

风阀在环境温度( $0^{\circ}\text{C} - 49^{\circ}\text{C}$  [ $32^{\circ}\text{F} - 120^{\circ}\text{F}$ ])的特定气流状态时从全开位置正确运行到全闭位置和, 如果是电动的风阀, 则是指返回到全开位置的能力。特定气流状态指风阀全开时的气流截面风速和全闭时风阀前后的压差。气流截面风速是风阀全开时确立的风速。压差则在风阀全闭时确立。所有的气流测量均在环境状态下进行, 然后按照标准空气予以修正。

### 3.1.7.7 高温运行

风阀在高温下处于特定气流状态时从全开位置正确运行到全闭位置的操作能力和, 如果是电动的风阀, 则是指返回到全开位置的能力。特定气流状态指风阀全开时的气流截面风速和全闭时风阀前后的压力差。气流截面风速是风阀全开时确立的风速。压力差则在风阀全闭时确立。所有的气流测量均在环境状态下进行, 然后按照标准空气予以修正。

### 3.1.7.8 动态运行扭矩

当风阀处于特定气流状态时, 改变旋转轴角度以使风阀从全开到全闭、并返回全开位置时的扭矩。特定气流状态指风阀全开时的气流截面风速和全闭时风阀前后的压差。所有的气流测量和压差测量均在环境状态下确立并按照标准空气予以修正。

## 3.1.8 其它

### 3.1.8.1 必须和应该

这个“必须”被示为强制性的; “应该”一词作为一种推荐。

### 3.1.8.2 测定

对风阀在每一特定工况点的一套完整测量。针对第3.1.7节定义的所有相关性能变量，须进行充分的测量。

### 3.1.8.3 测试

对风阀的一个或各个工况点的一系列的测定。

### 3.1.8.4 能量系数

气流的总动能跟相应气流平均速度时的动能之比。

### 3.1.8.5 固定扭矩

用于完全关闭被测风阀所指定的扭矩。

## 3.2 计量单位

### 3.2.1 单位制

SI 单位(国际单位制- *Le Système International d'Unités*) [1] \*是在本标准中作为最基本的单位，而 I-P(英寸-磅)单位作为二级参照单位。SI 单位是基于国际度量局的基本值 [1]，而 I-P 值是基于美国国家标准与技术研究院(NIST)的数值，也是基于国际局的数值。

\*参考性文献以括号表示。

### 3.2.2 基本单位

SI 单位的长度为米(m)或毫米(mm)，I-P 单位则是英尺(ft)或英寸(in.)。SI 单位的质量单位是千克(kg)，I-P 单位是磅(lbm)。SI 单位的时间单位为分钟(min)或秒(s)。温度的单位是摄氏度(°C)或开尔文(K)，I-P 单位是华氏度(°F)或兰氏度(°R)。力的单位是牛顿(N)，I-P 单位是磅力(lbf)。

### 3.2.3 流量与风速

#### 3.2.3.1 风量

容积流量的单位是每秒立方米 (m<sup>3</sup>/s)，I-P 单位则是每分钟立方英尺 (cfm)。

#### 3.2.3.2 风速

风速的单位是每秒米(m/s)，I-P 单位则是每分钟英尺 (fpm)。

### 3.2.4 压力

压力单位是帕斯卡(Pa)或毫米汞柱(mm Hg)，I-P 单位是英寸水柱(in. wg)或英寸汞柱(in. Hg)。以 mm Hg 或 in. Hg 为单位的数值必须只用于大气压力测量，in. wg 的基准必须为标准重力加速度下、1 英寸高的 68 °F 的蒸馏水水柱和以标准空气为基础的平衡用气柱。in. Hg 的基准必须为真空中、标准重力加速度下、32 °F 的 1 英寸汞柱高度。mm Hg 的基准必须为真空中、标准重力加速度下、0 °C 的 1 毫米汞柱高度。

### 3.2.5 扭矩

扭矩的单位是牛顿-米(N·m)，I-P 单位是磅-英寸(lbf·in.)。

### 3.2.6 气体特性

密度的单位是每立方米千克 (kg/m<sup>3</sup>)，I-P 单位是每立方英尺磅质量(lbm/ft<sup>3</sup>)。粘度的单位是帕斯卡秒(Pa·s)，I-P 单位是质量磅每英尺秒(lbm/ft·s)。SI 单位的气体常量是焦耳每公斤开尔文(J/kg·K)，I-P 单位是每磅质量兰氏度英尺磅力 (ft·lbf/lbm·°R)。

### 3.2.7 无量纲组

在文本中会出现各种无量纲的量。任何单位一致的系统可能会被用来评估这些无量纲的量，除非包含一个数字系数，在这种情况下，单位就必须指定。

### 3.2.8 物理常数

纬度为45°的平均海平面处的标准重力加速度数值，必须取9.80665 m/s<sup>2</sup> (32.174 ft/s<sup>2</sup>) [2]。温度在20 °C (68 °F)时，饱和压力下，蒸馏水的密度必须取998.278 kg/m<sup>3</sup> (62.3205 lbf/ft<sup>3</sup>) [3]。温度在0 °C (32 °F)时，饱和压力下，银的密度必须取13595.1 kg/m<sup>3</sup> (848.714 lbf/ft<sup>3</sup>) [3]。在标准重力加速度下的真空中，单位是kg/m<sup>3</sup> (lbf/ft<sup>3</sup>)的这些流体的比重在数值上等于相应温度时的密度。

### 3.3 符号和下标

见表1。

表1-符号及下标

符号	说明	SI单位	I-P单位
<i>a</i>	管道宽度	m	ft
<i>A</i>	截面的面积	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
<i>A<sub>c</sub></i>	风室壁面的面积	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
<i>A<sub>s</sub></i>	替换壁面的面积	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
<i>A<sub>t</sub></i>	风室内总表面积	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>
<i>b</i>	管道高度	m	ft
<i>C</i>	喷嘴流量系数		无量纲
<i>d<sub>0</sub></i>	孔口直径	m	ft
<i>D</i>	直径和当量直径	m	ft
<i>E</i>	能量系数		无量纲
<i>E</i>	热效率比		无量纲
<i>K<sub>s</sub></i>	系统泄漏常数		无量纲
<i>L</i>	喷嘴喉部尺寸	m	ft
<i>L<sub>x,x'</sub></i>	平面 <i>x</i> 和 <i>x'</i> 之间的管道长度	m	ft
<i>M</i>	风室尺寸	m	ft
<i>n</i>	读数次数		无量纲
<i>P<sub>s</sub></i>	静压	Pa	in. wg
<i>P<sub>sx</sub></i>	平面 <i>x</i> 处静压	Pa	in. wg
<i>P<sub>t</sub></i>	全压	Pa	in. wg
<i>P<sub>tx</sub></i>	平面 <i>x</i> 处全压	Pa	in. wg
<i>P<sub>v</sub></i>	动压	Pa	in. wg
<i>P<sub>vx</sub></i>	平面 <i>x</i> 处动压	Pa	in. wg
<i>p<sub>b</sub></i>	修正的大气压	Pa	in. Hg
<i>p<sub>e</sub></i>	在 <i>t<sub>w</sub></i> 处饱和蒸气压力	Pa	in. Hg
<i>p<sub>p</sub></i>	部分蒸气压力	Pa	in. Hg
<i>q</i>	能量率	W	W
<i>q<sub>c</sub></i>	离开风室的能量	W	W
<i>q<sub>d</sub></i>	离开风阀的能量	W	W
<i>q<sub>L</sub></i>	送风产生的能量		
<i>Q</i>	风阀的容积流量	m <sup>3</sup> /s	cfm
<i>Q<sub>s</sub></i>	标准空气条件下测试风阀的容积流量	m <sup>3</sup> /s	cfm
<i>Q<sub>x</sub></i>	平面 <i>x</i> 处容积流量	m <sup>3</sup> /s	cfm

$R$	气体常量	J/kg-K	ft-lbf/lbm-°R
$R_e$	雷诺数	无量纲	
$T$	扭矩	N-m	lb-in.
$t_d$	干球温度	°C	°F
$t_s$	滞止(总)温度	°C	°F
$t_t$	总温度	°C	°F
$t_w$	湿球温度	°C	°F
$U_s$	替换墙体的传热系数	W/m <sup>2</sup>	W/ft <sup>2</sup>
$U_c$	风室墙体的传热系数	W/m <sup>2</sup>	W/ft <sup>2</sup>
$V$	风速	m/s	fpm
$y$	稳流装置的厚度	m	ft
$Y$	喷嘴膨胀系数	无量纲	
$\alpha$	喷嘴静压比	无量纲	
$\beta$	喷嘴直径比	无量纲	
$\gamma$	特定热度比	无量纲	
$\Delta P$	风阀压差	Pa	in. wg
$\Delta P_n$	喷嘴或孔口板前后压差	Pa	in. wg
$\Delta P_{x,x'}$	平面x和x'之间的压差	Pa	in. wg
$\Delta P_s$	标准空气条件下风阀前后的压力降	Pa	in. wg
$\mu$	空气粘度	Pa-s	lbm/ft-s
$\rho$	空气密度	kg/m <sup>3</sup>	lbm/ft <sup>3</sup>
$\rho_x$	平面x处空气密度	kg/m <sup>3</sup>	lbm/ft <sup>3</sup>

#### 其它下标 (测量平面)

下标	说明
c	转换参数
d	风阀
DS	风阀及系统
n	喷嘴
r	读数
s	系统
t	测试参数
t1	测试数量1
t2	测试数量2
TP	尾管
x	平面0、1、2、..., 视何者适用而定
0	平面0 (一般测试区)
1	平面1 — 被测风阀进口平面
2	平面2 — 被测风阀出口平面
3	平面3 — 毕托管测量平面
4	平面4 — 被测风阀下游管道 $P_s$ 测量平面

5	平面5 — 喷嘴或孔口板进口 $P_s$ 测量平面
6	平面6 — 喷嘴或孔口板排气处 $P_s$ 测量平面
7	平面7 — 出气风室测量站的平面
8	平面8 — 进气风室测量站的平面
9	平面9 — 被测风阀上游管道 $P_s$ 测量平面

## 4. 仪器和测量方法

### 4.1 精度 [4]

仪器技术参数和测量方法必须满足测试仪器精度和测量精度的要求，相应的测试设备同样要符合精度要求。采用其他设备的话，其精度必须高于或等同与上述相应的测试设备。

### 4.2 压力

#### 4.2.1 概述

用一刻度计来测量某一点的全压，如压力计，一端连大气，另一端接一个全压传感器，如全压管或皮托静压管的全压测孔。用一刻度计来测量某一点的静压，如压力计，一端连大气，一端接一个静压传感器，如静压孔或皮托静压管的静压测孔。用一刻度计来测量某一点的动压，如压力计，一端连全压传感器，如皮托静压管的全压测孔，另一端接一个静压传感器，如同样皮托静压管的静压测孔。用一刻度计来测量两点间的压差，如压力计，一端连上游传感器，如静压测孔，另一端接下游传感器，如静压测孔。

#### 4.2.2 压力表及其它压力显示仪表

压力测试应采用倾斜式或垂直式液态压力计，或其他测试仪器，这种仪器测试的最大不确定度是测试时仪器最大读数的 1% 或 3Pa(0.01 in.wg)，取两者较大的值。

##### 4.2.2.1 校准

每个压力指示仪表均必须在标尺的两端加上在中间至少9个等距点处进行校准，并符合以下要求：

1. 当指示压力所处范围在0–2.5 kPa (0-10 in. wg)时，必须采用注水挂钩式压力表或精密微压计进行校准。
2. 当指示压力高于2.5 kPa (10 in. wg)时，必须采用注水挂钩式压力表、精密微压计或注水U型管进行校准。

##### 4.2.2.2 平均

由于在典型的系统中，通过风阀的气流与压力从未非常的稳定，所以任何仪表所指示的压力都会随时间波动。为了获得代表性的读数，测量仪器必须带有阻尼或读数时用一种合适的方法取平均值。如果波动小或有规律性，取平均值可以凭经验进行。也可采用能进行多点或连续记录的加权平均的仪器或分析仪进行测试。

##### 4.2.2.3 修正

对于压力表所用液体比重与标准的任何差异、平衡效应的气柱与标准的任何差异，或者因温度的原因而造成的刻度长度的任何变化，都必须对压力表读数进行修正。然而，在温度14°C 和 26°C (58°F 和 78°F) 之间、纬度30° 和 60°之间及海拔不超过1500 m (5000 ft)，可省略修正。

### 4.2.3 皮托静压管 [5]

图 2A 和 2B 所示的皮托静压管能感应到某点的全压或静压。这些压力信号可以被传递到一个压力计或其他压力指示器上。如果两个压力信号传递到同一个压力指示器上，造成相其压差被认为是测量点的动压。

#### 4.2.3.1 校准

在图2A和2B中列出的皮托静压管被认为是一次测量仪器，无须校准，只要在规定条件下保存。

#### 4.2.3.2 尺寸

皮托静压管必须具有足够的尺寸和强度能够承受对它施加的压力。管的外径不得超过测试风管直径的 1/30，除非管的长度超过 24 个管直径。在这情况，管的长度可逐渐增加。最小实际管直径 2.5mm (0.10 in.)。

#### 4.2.3.3 支撑

必须提供刚性支承使皮托静压管轴线跟风管轴线平行度在 1°以内，在图3A和3B中指出的头部位置要在 1.2mm (0.05 in.) 或0.25%管道直径，取两者较大的值。整流器被指定，使流线大致跟风管轴线平行。

#### 4.2.4 静压测孔 [6]

在图 4 中所示，在某点的静压可以会被压力测孔感应到。压力信号可以传送到一个指示计。

##### 4.2.4.1 校准

如图 2A 所示，符合要求的静压头被当作是一个一次仪器，只要在规定条件下保存就不需要进行校准。必须采取一切预防措施，以确保空气流速不影响压力测量。

##### 4.2.4.2 平均

单个压力测孔仅对在最接近开孔处的压力敏感。为了获得一个平均值，至少有四个压力测孔汇成一个测压环。支管内部面积至少是每个测孔的面积的四倍。

##### 4.2.4.3 测压计环

压力计环是一个用于喷嘴上游和下游和出风口管道或风室测量，除非采用指定的皮托管除外。测量平面必须位于相应测试装置图示的位置。

#### 4.2.5 其它压力指示仪表

除了皮托静压管或静压测孔，可以使用由指示仪表与传感器构成的压力测量系统，只要该系统的合成不确定度不超过压力计与毕托管或静压测孔构成的相应合成不确定度。这些仪表必须能够每秒至少完成 100次采样的读数。

### 4.3 风量

#### 4.3.1 概述

风量的计算必须采用毕托管测量动压计算得到或采用流量喷嘴前后的测量压差计算得到。风量小于 0.005m<sup>3</sup>/s (10cfm)可采用流量计直接测量。

#### 4.3.2 皮托管横动法 [7]

只要对应于风量的平均风速不小于6.35 m/s (1250 fpm)，就可以采用管道内皮托静压管得到动压，用以计算风量。

##### 4.3.2.1 横动测点

矩形和圆形管道上的测点数量及位置，必须按照图3A和3B的规定确定。

##### 4.3.2.2 求平均值

图3A和3B中的测点，圆形管道按照对数-线性规则确定[8]，矩形管道按照对数-切比雪夫规则确定。这些测点上的单个风速测量值的算术平均值，即为测量断面所属速度分布的平均风速[9]。

##### 4.3.3 喷嘴

风量可从任何工况点通过测量一个气流喷嘴或一组喷嘴得的压差测量值计算而得，条件是一组喷嘴前后的压差不小于25 Pa (0.1 in. wg)。对于小风量，可采较小的喷嘴或改变喷嘴组合以降低风量测量的不确定度。

#### 4.3.3.1 尺寸

喷嘴必须符合图7A和7B。喷嘴可以是任意适宜尺寸，但是，当喷嘴进风口处接管道时，喷嘴喉部直径与进风管道直径之比不须大于0.525。

#### 4.3.3.2 校准

标准喷嘴被认为是一个一次仪器，如果保持在规定条件下，无须进行校准。如图7[10]所示，喉部尺寸 $L = 0.5D$ 和 $L = 0.6D$ 的喷嘴已经确立可靠的系数。对于新建的装置，推荐采用喉部尺寸为 $L = 0.6D$ 。

#### 4.3.3.3 风室内喷嘴

一个没有完整喉部测孔的流量喷嘴可用于在多个喷嘴风室内，在这种情况下，上游和下游压力测孔必须如测试图所示进行适当布置。另外，可以接受的替代方案是用一个带喉部测孔的喷嘴，在这种情况下喉部测孔布置如图7A所示位于下游压力测孔的地方，每个喷嘴的压力计要接到自己的指示器上。

#### 4.3.3.4 管道式喷嘴

带有完整喉部测孔的流量喷嘴必须用于管道式流量喷嘴布置。上游压力测孔必须如测试图所示设在适当的布置。下游压力测孔是在喉部上的测孔，必须如图7A所示安置。

#### 4.3.3.5 测孔

每个压力测孔必须符合第4.2.4节关于形状、数量的规定并汇总到一个测压环。

#### 4.3.4 风量计

风量可采用经过校准的风量计直接测量，测量增量应小于等于 $0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$  (25立方英尺每小时)。

#### 4.3.5 孔口

如果孔口的前后压差大于 $75 \text{ Pa}$  ( $0.3 \text{ in. wg}$ )，可以使用尖锐边缘的孔口。孔口的要求可在ASHRAE 120-2017第6.6.2节中查询。

#### 4.3.6 风量测量的其它方法

除流量喷嘴，孔口和毕托静压管外，利用仪表或截面测量流量的方法也是可以接受的，只要该方法产生的不确定性不得超出流量喷嘴或毕托静压管产生的偏差。这种流量测量方法产生的综合不确定性不得超过相应流量喷嘴的流量系数1.2%的偏差[11]。

### 4.4 扭矩

#### 4.4.1 扭矩仪

可使用测量显示值具 $\pm 2\%$ 精度的扭矩仪。

#### 4.4.2 校准

根据使用范围，扭矩装置必须进行静态校准也可以进行动态校准。静态校准通过扭力臂悬挂重物完成。重物必须达 $\pm 0.2\%$ 的标定精度。扭力臂长度测定必须达 $\pm 0.2\%$ 精度。

#### 4.4.3 归零

在每次测试前后，必须检查零力矩平衡(归零)和扭矩仪使用范围。在任何情况，测试前后两个读数之间的差值，必须在测试中测得最大值0.5%以内。

### 4.5 空气密度

#### 4.5.1 概述

空气密度必须由通过从湿球温度、干球温度和大气压力测量而计算得到。如果在计算密度最大误差不超过0.5%的话，其他测量参数也可以使用。

## 4.5.2 温度计

测量湿球和干球温度必须用具备显示精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2^{\circ}\text{F}$ )和可读性为 $0.5^{\circ}\text{C}$  ( $1^{\circ}\text{F}$ )或更细的温度计进行测量。

### 4.5.2.1 校准

温度计的校准必须按国家标准与技术研究院 NIST 或者等同于 NIST 的被其他国家物理计量机构认可的要求进行，校准范围必须涵盖试验时遇到的温度范围。

### 4.5.2.2 湿球

湿球温度计必须用被水湿润纱芯包裹的球部的空气速度为 3.5 至 10m/s (700 至 2000fpm) [12]。干球温度计必须安装在湿球温度计上游，以使其读数不会偏低

## 4.5.3 气压计

大气压力必须采用汞柱气压计或其它具备显示精度为 $\pm 170\text{ Pa}$  (0.05 in. Hg)和可读至 $34\text{ Pa}$  (0.01 in. Hg)或更细的仪器来测量。

### 4.5.3.1 校准

大气压计必须采用汞柱气压计进行校准，校准必须按国家标准与技术研究院NIST或者等同于NIST的被其他国家物理计量机构认可的要求进行。进行此项工作的一个简便方法是采用无液气压计作为传递仪器，带回后再送至气象站进行比对[13]。气压计必须有良好的保存条件。

### 4.5.3.2 修正

大气压的读数由于水银密度跟标准的不同或因温度变化使刻度长度变化而必须更正。可参照制造商的说明书。

## 4.6 电压

测试期间的执行器输入电压偏差必须在执行器铭牌所示电压的 $\pm 1\%$ 之内。

## 4.7 电表

电表必须具有测定值 $\pm 1.0\%$ 鉴定精度。最好是使用与校准时相同的电表进行测试。

## 4.8 气动执行器的供气压力

测试期间的供气压力偏差必须在要求测试压力的 $5\%$ 之内。

## 4.9 压力表

气动执行器的供气压力必须采用压力表或其它证明精度为 $10\text{ kPa}$  (1 psi)和可读性小于等于 $10\text{ kPa}$  (1 psi)的仪表测量。

## 4.10 计时器

时间测量必须采用最小精度为 $\pm 0.2\%$ 的钟表进行。

## 4.11 风速仪

风速仪的精度必须为 $\pm 3\%$  (读数) 或 $\pm 0.05\text{ m/s}$  (10 fpm)，取较大者。

## 5. 设备及装置

### 5.1 设置

共有20个风阀装置简图，分别为测试图5.1、5.2、5.3、5.4、5.5、5.6、5.7、5.8和5.9。7个风量测量装置简图，分别为测试图6.1、6.2、6.3、6.4、6.5、6.6和Ashrae 120-2017 图8。

#### 5.1.1 安装类型

共有四种安装类型可用于风阀测试。

安装类型及其对应的测试风阀装置图为：

安装类型	测试图
自由进口、管道出口	测试图5.1
管道进口、自由出口	测试图5.2
管道进口、管道出口	测试图5.3A、5.3B、5.3C、5.9
自由进口、自由出口	测试图5.4、5.5、5.7

### 5.1.2 泄漏

所用的管道、风室及其它设备的设计必须能够承受压力及其它将遇到的力量。风阀与测量平面之间的所有连接处，包括如有使用的喷嘴墙，其泄漏量必须不大于测试压力下总流量的10%或 $9.44 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  (2 cfm)，取较大者。

## 5.2 管道

### 5.2.1 概述

管道被纳入实验室测试设置中，提供测量平面或模拟风阀在运行时条件，或两者皆有。在测试设置图中尺寸  $D$  代表圆截面管道的内径或矩形截面管道的当量直径，内部横跨尺寸  $a$  和  $b$ ，其中：

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}} \quad \text{公式 5.1}$$

### 5.2.2 过渡段

在测试图5.1、5.2、5.3和5.9中用作直管要求的一部分的过渡段必须符合图8的规定，并且与压力测量平面之间的距离至少必须为一个管道直径。

### 5.2.3 圆度

任何一测量平面或皮托管测量面部分侧的  $0.5D$  之内的管道圆度必须在管道直径的 0.5% 或 1.5 mm (1/16 in.) 之内，取较大者。管道其余部分的圆度必须在管道直径的 1% 或 3 mm (0.125 in.) 之内，取较大者。该测量面的面积必须以  $45^\circ$  的增量测得的 4 个直径的平均值计算而定。直径测量精度必须在 0.2% 以内。

### 5.2.4 整流器

在为气流进行流量测量的管道中必须使用整流器或星型整流器以提供测量平面。整流器的下游平面必须距离毕托管横动平面或测压点上游5至5.25倍管道直径。整流器形式必须在图9A或图9B中予以注明[14]。

## 5.3 风室

### 5.3.1 概述

风室可以结合实验室测试设置来提供一测量站点或模拟风阀运行时的状态，或两者皆有。风室横截面有圆形或矩形的。在风量测量测试安装图中尺寸  $M$  是一圆形风室内径或尺寸  $a$  和  $b$  的当量直径，其中：

$$M = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}} \quad \text{公式 5.2}$$

### 5.3.2 出风风室 (测试示图5.4)

出风风室的截面面积必须至少是被测风阀自由面积的15倍。

### 5.3.3 进风风室 (测试示图5.5)

进风风室的截面面积必须至少是被测风阀自由面积的3倍。

### 5.3.4 出口/进口箱体 (测试示图5.7)

箱体尺寸必须在四周均比测试风阀至少大305 mm (12 in.)。箱体高度必须不小于箱体长度。

### 5.3.5 稳流装置

稳流装置必须安装在测试设置图上所示的风室内。这是为了提供适当的气流模式。

当测量平面位于稳流装置下游时，稳流装置是为了确保测量平面前提供均匀的气流。此时，筛网下游距离0.1M处的最大局部风速不得大于平均风速的25%，除非最大局部风速小于2 m/s (400 fpm)。

当测量平面位于稳流装置上游时，稳流装置的目的是吸收上游射流的动能且使气流如常在开阔的空间扩张。这就需要一些回流来供应空气以混合射流的边界，但最大反向风速必须不超过平面6上计算平均射流速度的10%。

当测量平面分别位于风室内稳流装置两侧时，每一侧必须分别满足以上所提要求。

一般来说，在每一个稳流装置中要求几层滤网。任何滤网或穿孔板的组合可能被使用。然而，建议要有三层或四层滤网，滤网的开放面积百分比随沿气流方向减小。另外还建议，在每个稳流装置中，圆线丝制作的方形网银滤网用于上游，穿孔板用于下游。建议初始滤网留有50%至60%开放面积。

### 5.3.6 多喷嘴

多喷嘴的位置必须尽可能对称。每个喷嘴中心线必须距离风室壁至少为1.5个喷嘴喉部直径。在同时使用的任何两个喷嘴的中心线的最短距离必须为较大的喷嘴的喉部直径的3倍。

## 5.4 可变送风和排风系统

### 5.4.1 概述

在实验室的测试设置中，必须提供变化工况点的方法。

#### 5.4.1 节流风阀

节流装置可能被用来控制工况点。这种装置必须设在管道或风室的末端，且必须跟管道或风室轴线对称。

#### 5.4.2 送风或排风风机

风机可用于控制被测试风阀的工况点。风机必须在所需的流量下提供足够压力以克服气流流过测试装置过程中的压力损耗。流量调节方法，可采用风阀，节距调节或调速等控制。送风风机在测试过程中，不应有喘振或规律性振动。产生流量的设备应能够输出规定的风量与压力状态而无需使用减压阀。

## 6. 目的、观察和测试规则

### 6.1 空气性能 — 压降测试

本测试的目的是为了确定风量和风阀前后压降之间的关系。

有关认证和认证所需测试规格的信息，见附录C。

#### 6.1.1 一般要求

##### 6.1.1.1 测试工况点

测试必须包含5个或更多的测试工况点，并在要求的范围内流量间隔基本相同。

##### 6.1.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。为了在气流是平衡时测试，必须先观察，直到气流稳定时再读数。

### 6.1.1.3 风量测量

当采用毕托静压管测量时，测量平面处的气流风速必须不低于6.35 m/s (1250 fpm)。当采用喷嘴确定风量时，在测试最小风量时的最小 $P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果孔口的前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

## 6.1.2 数据记录

### 6.1.2.1 测试风阀

测试风阀的描述，包括型号、风阀类型（如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀）、规格及截面面积必须予以记录。

### 6.1.2.2 测试装置

该测试装置的说明，包括具体尺寸，必须予以记录。

可参照本标准中图示。或者，将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

### 6.1.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

### 6.1.2.4 风量测量的测试数据

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。对所有类型的测试，环境干球温度( $t_{d0}$ )、环境湿球温度( $t_{w0}$ )和环境大气压( $P_b$ )必须分别记录3个读数，除非读数稳定，此时只需要各记录1个读数。

#### 6.1.2.4.1 皮托管测试 (测试示图6.1)

对于皮托管横动测试，必须在每一个皮托管测量点记录一个动压读数( $P_{v3r}$ )和一个静压读数( $P_{s3r}$ )。另外，必须记录横动平面处3个干球温度读数( $t_{d3}$ )，除非读数稳定，此时只需要记录1个读数。

#### 6.1.2.4.2 管道喷嘴 (测试示图6.2) 或孔口测试 (ASHRAE 120-17, 测试示图8)

对于管道喷嘴测试或孔口测试，必须记录喷嘴或孔口的压降( $\Delta P_n$  - 管道喷嘴或  $\Delta P_{s,5-6}$  - 孔口)、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.1.2.4.3 风室喷嘴测试 (测试示图6.3和6.5)

对于风室喷嘴测试，必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.1.2.4.4 单喷嘴风室测试 (测试示图6.4)

对于单喷嘴风室测试，必须记录风室干球温度( $t_{d5}$ )、喷嘴压降( $\Delta P_n$ )和风室静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

### 6.1.2.5 测试风阀装置

每个风阀必须在模拟其现场安装情况的测试装置上进行测试(见第5.1.1节)。表2列示了风量测量和测试风阀装置的允许组合。

#### 6.1.2.5.1 带有出口管道的风阀 (测试示图5.1)

必须记录每个测定的出口管道静压( $P_{s4}$ )的一个读数。

#### 6.1.2.5.2 带有进口管道的风阀 (测试示图5.2)

必须记录每个测定的进口管道静压( $P_{s9}$ )和平面9处干球温度( $t_{d9}$ )各一个读数。

#### 6.1.2.5.3 带有进出口管道的风阀 (测试示图5.3, 5.3A, 5.3B和5.3C)

必须记录每个测定的测试风阀压降和平面9处干球温度( $t_{d9}$ )各一个读数。

#### 6.1.2.5.4 带有出气风室的风阀 (测试示图5.4)

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s7}$ )的一个读数。

**6.1.2.5.5 带有进气风室的风阀 (测试示图5.5)**

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s8}$ )和风室温度( $t_{d8}$ )各一个读数。

**6.1.2.5.6 带有出口箱体的风阀 (测试示图5.7A和5.7E)**

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s7}$ )的一个读数。

**6.1.2.5.7 带有进口箱体的风阀 (测试示图5.7B和5.7F)**

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s8}$ )和风室温度( $t_{d8}$ )各一个读数。

**表2 — 风量测量与测试风阀装置的允许组合 (压降测试)**

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.1	Z	6.1	B
		6.2	B
		6.3	A
		6.4	A
		8*	C
5.2	Y	6.1	C
		6.2	C
	X or Y	6.5	B
	Y	8*	E
5.3	Y	6.1	C
		6.2	C
	X or Y	6.5	B
	Y	8*	E
5.4	Y	6.1	B
		6.2	B
	X	6.3	B
		6.4	B
	Y	8*	C
5.5	X	6.1	C
		6.2	C
	Y	6.5	A
	X	8*	E
5.7A, 5.7C, 5.7E	X	6.1	B
		6.2	B
		6.3	A
		6.4	A
		8*	C
5.7B, 5.7D, 5.7F	F	6.1	C
		6.2	C
		6.5	B
		8*	E

注：8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

### 6.1.3 测试方法

#### 6.1.3.1 一般要求

每次测试必须在环境温度0 °C - 49 °C (32 °F - 120 °F) 时进行。一次测试就是一组完整的测量(或者测定), 包含一组对于每个风量、压降所构成点的测量。除了止回阀或者专门标明气流方向的风阀, 风阀必须以两个气流方向进行测试。

##### 6.1.3.1.1 止回阀

测试必须从最低气流值开始, 允许风阀自行达到相对于压差的平衡位置。如有需要, 可测量每个测试点的叶片角度(从关闭位置起的角度度数)。可从最高气流值开始重新测试, 确定风阀在打开和关闭时机械力的差异。

##### 6.1.3.1.2 其它风阀

测试期间, 风阀叶片必须固定在要求的位置进行测试。

#### 6.1.3.2 装设有进口和出口管道的风阀 (测试示图5.3)

对于安装在管道系统中的风阀, 如测试示图5.3所示, 必须将风阀的叶片设置在所需位置进行测定(除了止回阀, 见6.1.3.1.1节)。这个测试称为风阀及系统测试。然后, 将风阀从测试装置上拆下, 将上游测试管道与下游测试直接相连接。以与之前测试近似相同的风量进行重新测试。这个测试称为系统测试。每一个压降的测定必须等于给定风量下、风阀安装就位(风阀及系统)时的压力减去同样风量下拆下风阀(系统)时的压力。如果风阀及系统风量不相同, 参见第7.6节。

### 6.1.4 结果表示

报告和结果表示必须包含第6.1.2节所列的所有数据。另外, 必须按情况记录以下内容:

- 风阀安装位置
- 风阀安装类型(见图1)
- 叶片方向
- 叶片动作
- 叶片位置(开或闭)
- 气流方向
- 人员
- 日期
- 测试 ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

#### 6.1.4.1 性能曲线

风阀测试的结果必须以性能曲线表示。

##### 6.1.4.1.1 坐标

性能曲线必须以风量为横坐标绘制, 静压必须绘制为纵坐标。如果所有结果都在相同空气密度下获得, 或结果已转换到标称值密度, 则必须列出该密度; 否则, 必须绘制以空气密度为纵坐标的曲线。

##### 6.1.4.1.2 测试点

每个测定结果必须在性能曲线上以一系列圆点标示, 每个变量作为纵坐标绘制。

### 6.1.4.1.3 曲线拟合

每个变量必须以测试点为基准绘制成连续曲线。曲线偏离测试点不须超过任意测试值的1% 或 3Pa (0.01 in. wg)，取较大值。所有偏差的合计必须近似为零。

### 6.1.4.1.4 间断

当存在间断时，必须以虚线识别。对于任何未能建立平衡的测定，该测点连接相邻测点的曲线必须以虚线绘制。

### 6.1.4.1.5 识别

性能曲线表必须列出测试风阀、测试风阀装置及风量测量装置。必须列出足够的详细资料以清晰识别风阀和装置。否则，必须提供包含这些信息的报告作为参考。

## 6.2 采用环境空气时的气流泄露率

本测试旨在确定安装在环境条件下风室内的风阀、止回阀或其它空气调节风阀的一组或多组气流泄露率与静压的关系。

关于认证和认证所需测试规格的信息，见附录C。

### 6.2.1 一般要求

#### 6.2.1.1 测定

测试必须包含5个或更多的测试工况点，并在要求的范围内压差间隔基本相同。

#### 6.2.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。为了在平衡时测试，必须先观察，直到获得稳定读数。

#### 6.2.1.3 风量测量

当使用喷嘴测定风量时，测试最小风量下的最小 $\Delta P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果风量小于4.7 L/s (10 cfm)，可使用直读式风量计。如果前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

#### 6.2.1.4 固定扭矩测量

这可能不适用于止回阀。

##### 6.2.1.4.1 校准配重

测试进行中必须带有校准配重、弹簧、执行器或其它风阀用以施加正常固定扭矩。产生扭矩的力必须与运行风阀的力所施加的位置一致。

##### 6.2.1.4.2 扭矩的应用

扭矩必须在风阀叶片全开的位置、前后压差 $\Delta P$ 为零时施加。相应的配重必须逐步降低，没有冲击载荷，直至风阀在没有施加额外力度时达到其关闭位置。同样，允许弹簧、执行器或其它风阀，以不会施加比正常施加的任何额外力度的方式关闭风阀。

### 6.2.2 数据记录

#### 6.2.2.1 测试风阀

测试风阀的描述，包括型号、风阀类型 (如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀)、规格及截面面积必须予以记录。

#### 6.2.2.2 测试装置

该测试装置的说明，包括具体尺寸，必须予以记录。

可参照本标准中的测试示图。或者，将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

### 6.2.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

### 6.2.2.4 风量测试数据

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。对每个测试，环境干球温度( $t_{d0}$ )、环境湿球温度( $t_{w0}$ )和环境大气压( $p_b$ )必须分别记录3个读数，除非读数稳定，此时只需要各记录1个读数。

#### 6.2.2.4.1 管道喷嘴(测试示图6.2)或孔口测试(ASHRAE 120-17, 测试示图8)

对于管道喷嘴测试或孔口测试，必须记录喷嘴或孔口的压降( $\Delta P_n$  - 管道喷嘴或  $\Delta P_{s,5-6}$  - 孔口)、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.2.2.4.2 风室喷嘴测试(测试示图6.3和6.5)

对于风室喷嘴测试，必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。当使用风室进行气流泄漏测试时，可以忽略喷嘴下游的速度分布条件和面积比条件。

#### 6.2.2.4.3 单喷嘴风室测试(测试示图6.4)

对于单喷嘴风室测试，必须记录风室干球温度( $t_{d5}$ )、喷嘴压降( $\Delta P_n$ )和风室静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.2.2.4.4 风量计测试(测试示图5.6A)

对于风量计测试，必须记录从风量计直接读取的风量(Q)、风阀进口干球温度( $t_{d9}$ )和风阀进口静压( $P_{s9}$ )各一个读数。使用这个测试示图进行风量测量必须限于最大风量为4.7 L/s (10 cfm)。

#### 6.2.2.4.5 风量计测试(测试示图5.6B)

对于风量计测试，必须记录从风量计直接读取的风量(Q)、风阀出口静压( $P_{s4}$ )各一个读数。使用这个测试示图进行风量测量必须限于最大风量为4.7 L/s (10 cfm)。

### 6.2.2.5 测试风阀装置

表3列出了风量测量与测试风阀装置的允许组合。

表3 — 风量测量与测试风阀装置的允许组合 (泄漏测试)

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.4	Y	6.2	B
		8*	C
	X	6.3	B
		6.4	B
5.4 Alternate	X	6.3	B
5.5	X	6.2	C
	Y	6.5	A
5.5 Alternate	Y	6.5	A
5.6A 正压泄漏测试		—	—
5.6B 负压泄漏测试		—	—
5.8 气泡测试		—	—
5.7A, 5.7E	X	8*	C
		6.2	B
		6.3	A
		6.4	A

5.7B, 5.7F	Y	6.2	C
		6.5	B

注：8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

#### 6.2.2.5.1 带有出气风室的风阀 (测试示图5.4)

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s7}$ )的一个读数。

#### 6.2.2.5.2 带有进气风室的风阀 (测试示图5.5)

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s8}$ )和风室温度( $t_{d8}$ )各一个读数。

#### 6.2.2.5.3 带有出口箱体的风阀 (测试示图5.7A和5.7E)

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s7}$ )的一个读数。

#### 6.2.2.5.4 带有进口箱体的风阀 (测试示图5.7B和5.7F)

必须记录每个测定的风室静压( $P_{s8}$ )和风室温度( $t_{d8}$ )各一个读数。

#### 6.2.2.5.5 用于气泡测试的风阀装置 (测试示图5.8)

对于气泡测试，必须记录每个测定的压力( $P_{s9}$ )及风阀进口干球温度( $t_{d9}$ )各一个读数。如果气泡的直径在1秒钟内超过1.6 mm (1/16 in.)或在1分钟内超过7mm (1/4 in.)，则必须记录气泡形成的大小。

### 6.2.3 测试方法

#### 6.2.3.1 一般要求

每次测试必须在环境温度0 °C - 49 °C (32 °F - 120 °F) 时进行。一次测试为一组完整的测量(或者测定)，包含一组对于每个空气泄漏和压降所构成点的测量。

##### 6.2.3.1.1 止回阀

止回阀必须安装在其所需位置，并以其方式使泄漏气流能迫使风阀叶片转向关闭位置。

##### 6.2.3.1.2 其它风阀

风阀必须处于关闭位置。应在叶片或轴上施加扭矩的地方将风阀驱动到其关闭位置，则必须按第6.2.1.4节所述施以固定扭矩。另外，也可采用砝码、弹簧、执行器或任何其它方式将风阀保持在其关闭位置。风阀必须对两个方向进行测试(除非风阀是止回阀)。

##### 6.2.3.2 气泡测试

按测试示图5.8安装风阀。必须将气泡溶液(商用试剂或含有等份液体洗涤剂、甘油和水组成的溶液)涂抹在风阀的密封区域。在几分钟内和泡沫溶液变干之前，必须对涂湿区域进行检查。压力和气泡形成的大小必须按照第6.2.2.5.5节的说明进行记录。

##### 6.2.3.3 流量计测试

按测试示图5.6安装风阀。根据第6.2.3.1节所述进行测试。

##### 6.2.3.4 安装有进口或出口风室或箱体的风阀

对安装有进口或出口风室或箱体的风阀，按测试示图5.4、5.5、5.7A、5.7B、5.7E和5.7F所示，必须将风阀叶片设定在要求的位置进行测定。

##### 6.2.3.4.1 风室泄漏测试

在任何AMCA认证泄漏测试不超过6个月之前，必须进行以下的风室泄漏测试并记录在案。

关闭所有喷嘴并将风室或箱体以5个近似相等的增量逐步增压，直至2,489 Pa (10 in. w.g.)或风室/箱体最高压力额定值，两者取较小者。将气泡溶液涂抹在所有密封件和喷嘴封口上，在各个压力增量点检查泄漏。

对于溶液和合格判定准则参见第6.2.3.2节。如果不满足泄漏合格判定准则，重新对密封面密封并重新测试，直至满足泄漏要求。

#### 6.2.3.4.2 系统泄漏测试

在每次风阀泄漏测试之前必须进行系统泄漏测试。在系统泄漏测试时，必须将风室的开口用合适的硬质木板或其它材料的板块覆盖并予以密封以防止气流通过风室开口。必须以近似相等的增量将压力提高到风阀所要测试的最高压力，进行5个或更多的测定。

可以从风阀和系统测试中扣除的最大系统泄漏为 $7.48 \times 10^{-5} \times (P_s)^{0.5} \text{ m}^3/\text{s}$  ( $2.5 \times (P_s)^{0.5} \text{ cfm}$ )或风阀泄漏的2%，两者取较高值。如果测量得到的系统泄漏高于最大允许系统泄漏，则从风阀和系统测试中扣除的必须为最大允许值。

如果测量得到的系统泄漏低于最大允许系统泄漏，则从风阀和系统测试中扣除的必须为实际系统泄漏。

在系统泄漏测试过程中，静压必须等于或高于相应风阀泄漏测试中的静压。

#### 6.2.3.4.3 风阀及系统测试

在系统测试之后并将风阀安装在所需位置，必须以近似相等的增量将压力提高到风阀所需的最高额定压力，进行5个或更多的测定。在每次测定，风阀的泄漏必须等于风阀就位(风阀和系统)时的泄漏减去同样压力时的系统泄漏。如果风阀和系统的压力与系统压力不同，参见第7.5节。

#### 6.2.3.4.4

除了测试示图5.5以外的风室，必须采用等效方法确定喷嘴墙和风室的泄漏。该测试必须视为风阀和系统测试。然后，必须将风室的开口用合适的硬质木板或其它材料的板块覆盖并予以密封以防止出现气流通过风室开口。测试必须以大致相同的压力增量重复进行之前的测试。该测试必须视为系统测试。每个测定的风阀泄漏必须等于风阀就位(风阀和系统)时的泄漏率减去同样压力时的系统泄漏。如果风阀和系统的压力与系统的压力不相同，参见第7.5节。

### 6.2.4 结果表示

报告和结果表示必须包含第6.2.2节所列的所有数据。另外，必须记录以下内容：

- 风阀安装位置
- 风阀安装类型(见图1)
- 关闭方式
- 叶片方向
- 叶片动作
- 气流方向
- 报告显示系统泄漏结果
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

#### 6.2.4.1 性能曲线

风阀测试的结果必须以性能曲线表示。

#### 6.2.4.1.1 坐标

性能曲线必须以风量为横坐标绘制，静压必须绘制为纵坐标。如果所有结果都在相同空气密度下获得，或结果已转换到标称值密度，则必须列出该密度；否则，必须绘制以空气密度为纵坐标的曲线。

#### 6.2.4.1.2 测试点

每个测定结果必须在性能曲线上以一系列圆点标示，每个变量作为纵坐标绘制。

#### 6.2.4.1.3 曲线拟合

每个变量必须以测试点为基准绘制成连续曲线。曲线偏离测试点不须超过1% 或任意测试值的 3Pa (0.01 in. wg)，所有偏差的合计必须近似为零。

#### 6.2.4.1.4 间断

当存在间断时，必须以虚线识别。对于任何未能建立平衡的测定，该测点连接相邻测点的曲线必须以虚线绘制。

#### 6.2.4.1.5 识别

性能曲线表必须列出测试风阀、测试风阀装置及风量测量装置。必须列出足够的详细资料以清晰识别风阀和装置。否则，必须提供包含这些信息的报告作为参考。

### 6.3 采用环境空气或加热空气的气流泄露率 [15]

本测试旨在确定安装在管道中的风阀在环境温度或高温下的气流泄漏率与静压的关系。

#### 6.3.1 一般要求

##### 6.3.1.1 测定

测试必须包括在要求测试压力下进行一次测定。

##### 6.3.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。为了在平衡时测试，必须先观察，直到获得稳定读数。

##### 6.3.1.3 测试前的环境测量

在记录测试的气流数据前，必须记录在一般测试区域内气流的干球温度、湿球温度、大气压及气压计处的环境温度。

##### 6.3.1.4 风量测量

测试最小风量下的最小喷嘴压差 $\Delta P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

##### 6.3.1.5 固定扭矩

###### 6.3.1.5.1 扭矩的应用

施加的扭矩必须由关闭装置提供，例如砝码、弹簧、执行器，或其它关闭风阀，且该装置已在动态关闭测试(第6.4或6.7节)或风阀运行测试(第6.5或6.8节)中得到使用。

##### 6.3.1.6 温度测量

在风阀上游， $305 \pm 25$  mm ( $12 \pm 1$  in.)的平面处，必须采用至少9个等间距的热电偶进行温度( $t_{d1}$ )测量。

#### 6.3.2 数据记录

##### 6.3.2.1 测试风阀

测试风阀的描述，包括型号、风阀类型 (如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀)、规格及截面面积必须予以记录。

### 6.3.2.2 测试装置

该测试装置的说明，包括具体尺寸，必须予以记录。可参照本标准中的测试示图。或者，将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

### 6.3.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

### 6.3.2.4 风量测试数据

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。环境干球温度( $t_{d0}$ )、环境湿球温度( $t_{w0}$ )和环境大气压( $p_b$ )必须记录。

#### 6.3.2.4.1 泄漏风室测试(测试示图6.6)

对于泄漏风室测试，必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )各一个读数、接近的干球温度( $t_{d5}$ )、进口管道静压( $P_{s9}$ )、喷嘴上游的静压( $P_{s5}$ )及大于25 Pa (0.1 in. wg)的风阀压差( $\Delta P_{9,5}$ )。当使用泄漏风室喷嘴板进行泄漏测试，可以忽略喷嘴上、下游风速分布及面积比的准则。

#### 6.3.2.4.2 采用孔口板进行泄漏测试(ASHRAE 120-17, 测试示图8)

对于孔口测试，必须记录孔口的压降( $\Delta P_{s,5-6}$ )，接近的干球温度( $t_{d5}$ )和接近的静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

### 6.3.2.5 测试温度

测试的温度( $t_{d1}$ )必须记录(测试示图5.9)。

### 6.3.2.6 测试风阀装置

表4列出了风量测量与测试风阀装置的允许组合。

表4 —采用环境空气的空气泄漏率测试，测试风阀装置

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.2, 5.3A, 5.3B, 5.3C, 5.5, 5.7B, 5.7D, 5.7F, 5.9*	2	6.6	A
	2	8**	C

\* 用于加热或环境温度

8\*\*表示ASHRAE 120-2017的图8

### 6.3.3 测试方法

紧随着动态关闭测试(第6.4或6.7节)或风阀运行测试(第6.5或6.8节)后，取其适当，关闭风阀，保持风机运转及热源(低火状态的电加热器或煤气炉)运行(如果需要)，拆除风阀下游的管道段并连接泄漏风室(测试示图6.6)。

调节风机转速至获得关闭风阀所要求的压差。在泄漏风室中选择一个喷嘴或喷嘴组合使得喷嘴板的压差至少为25 Pa (0.1 in. wg)。调节热源(如果在非环境温度下测试)使 $t_{d1}$ 保持在 $t_{d1}$  和  $t_{d1} + 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $t_{d1}$  和  $t_{d1} + 50\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) 之间。必须记录升高的测试温度、关闭风阀的压差( $\Delta P_{9,5}$ )及泄漏风室喷嘴板的压差( $\Delta P_n$ )。通过喷嘴板的风阀泄漏必须按照第9节计算。

开启较小的喷嘴组合，使得泄漏风室喷嘴板的压差高于第一次的测定。调节风机转速至获得关闭风阀所要求的压差。必须记录测试温度、关闭风阀的压差( $\Delta P_{9,5}$ )及泄漏风室喷嘴板的压差。

通过泄漏风室喷嘴板的风阀和系统的泄漏必须按照第7节计算。

### 6.3.4 结果表示

报告和结果表示必须包含第6.3.2节所列的所有数据。另外，必须记录以下内容：

- 风阀安装位置
- 风阀安装类型(见图1)
- 执行器/操作装置
- 执行器/操作装置的输入源
- 关闭方式
- 叶片方向
- 叶片动作
- 气流方向
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

#### 6.3.4.1 气流泄漏率

测试温度和测试压力下风阀截面面积的测量气流泄漏率的声明必须予以报告，另外，还需要报告修正为标准空气条件下的风阀截面面积的测量气流泄漏率的声明。

#### 6.3.4.2 识别

性能曲线表必须列出测试风阀、测试风阀装置及风量测量装置。必须列出足够的详细资料以清晰识别风阀和装置。否则，必须提供包含这些信息的报告作为参考。

### 6.4 采用环境空气的动态关闭测试

本测试旨在确定安装在管道、墙壁或地板的风阀，在环境空气状态的给定风量条件下风阀关闭的能力，以及因关闭而形成的压力时风阀保持其完整性的能力。

#### 6.4.1 一般要求

##### 6.4.1.1 测定

每个风阀必须至少测试3次，在两个气流方向，在每个选定的通过开启风阀的风量与关闭风阀的压差的组合下进行。

##### 6.4.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。在启动开启循环之前，必须建立关闭风阀的稳定压差。在启动关闭循环之前，必须建立通过风阀的稳定风量。

##### 6.4.1.3 风量测量

当使用皮托静压管时，测量平面处的气流速度必须不低于6.35 m/s (1250 fpm)。当使用喷嘴测定风量时，测试最小风量下的最小 $\Delta P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

#### 6.4.2 数据记录

#### 6.4.2.1 测试风阀

测试风阀的描述，包括型号、风阀类型（如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀）、规格及截面面积必须予以记录。

#### 6.4.2.2 测试装置

该测试装置的说明，包括具体尺寸，必须予以记录。

可参照本标准中的测试示图。或者，将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

#### 6.4.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

#### 6.4.2.4 风量测量

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。对所有的测试，环境干球温度( $t_{d0}$ )、环境湿球温度( $t_{w0}$ )和环境大气压( $p_b$ )必须分别记录3个读数，除非读数稳定，此时只需要各记录1个读数。

##### 6.4.2.4.1 皮托管测试(测试示图6.1)

对于皮托管横动测试，必须在每一个皮托管测量点记录一个动压读数( $P_{v3r}$ )和一个静压读数( $P_{s3r}$ )。另外，必须记录横动平面处3个干球温度读数( $t_{d3}$ )，除非读数稳定，此时只需要记录1个读数。

##### 6.4.2.4.2 管道喷嘴测试(测试示图6.2)或孔口测试 (ASHRAE 120-17, 测试示图8)

对于管道喷嘴测试或孔口测试，必须记录喷嘴或孔口的压降( $\Delta P_n$  - 管道喷嘴或  $\Delta P_{s,5-6}$  - 孔口)、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

##### 6.4.2.4.3 风室喷嘴测试(测试示图6.3和6.5)

对于风室喷嘴测试，必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

##### 6.4.2.4.4 单喷嘴风室测试(测试示图6.4)

对于单喷嘴风室测试，必须记录风室干球温度( $t_{d5}$ )、喷嘴压降( $\Delta P_n$ )和风室静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.4.2.5 测试风阀装置

每个风阀必须在模拟其现场安装情况的测试装置上进行测试(见第5.1.1节)。表5列示了风量测量和测试风阀装置的允许组合。

#### 6.4.2.5 测试风阀装置

每个风阀应在模拟现场安装情况的装置上进行测试(见第5.1.1条)，表5给出了风量测量装置和测试风阀装置的各种允许组合。

##### 6.4.2.5.1 带有进出口管道的风阀 (测试示图5.3, 5.3A, 5.3B和5.3C)

必须记录每个测定的进口管道静压( $P_{s9}$ )和平面9处干球温度( $t_{d9}$ )各一个读数。

##### 6.4.2.5.2 带有出气风室的风阀 (测试示图5.4, 5.7A, 5.7C和5.7E)

必须记录风室静压( $P_{s7}$ )的一个读数。

##### 6.4.2.5.3 带有进气风室的风阀 (测试示图5.5, 5.7B, 5.7D和5.7F)

必须记录风室静压( $P_{s8}$ )和风室温度( $t_{d8}$ )各一个读数。

#### 6.4.2.6 关闭的程度

风阀关闭的程度及叶片和框架的任何永久变形必须记录。在特定的气流状态，风阀必须完全关闭并自动锁住(当提供锁扣时)而不破坏风阀或其部件。如果风阀如之前静态条件下所示完全关闭，则风阀的关闭为100%。如果风阀不能如之前静态条件下所示完全关闭和/或任何机械损坏，必须予以记录。

### 6.4.2.7 关闭时间

风阀从开启行进到关闭位置所需的时间必须记录。

### 6.4.2.8 关闭压力

在关闭后，达到平衡后的压差必须记录。

表5 — 风量测量与测试风阀装置的允许组合 (环境空气的动态关闭)

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.3, 5.3A, 5.3B, 5.3C	Y	6.1	C
		6.2	C
		8*	E
	X	6.5	B
5.4	Y	8*	C
		6.1	B
		6.2	B
	X	6.3	B
5.5	X	6.4	B
		8*	E
		6.1	C
	Y	6.2	C
5.7A, 5.7C, 5.7E	X	6.5	A
		8*	C
		6.1	B
		6.2	B
		6.3	A
5.7B, 5.7D, 5.7F	Y	6.4	A
		8*	E
		6.1	C
		6.2	C
5.7B, 5.7D, 5.7F	Y	6.5	B
		6.1	C
		6.2	C
		6.5	B

注：8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

### 6.4.3 测试方法

每次测试必须在环境温度0 °C ~ 49 °C (32 °F ~ 120 °F)下进行。一次测试就是一组完整的测量(或者测定)，每组用以设定风阀在开启位置的风量与风阀在关闭位置的压差。测试必须在风阀关闭时在选定的压降下进行。选定的风量与压降应在记录第一个测定点之前确定。风阀必须保持全开，允许既定的气流通过。风量必须记录。

然后，必须允许风阀使用通常随风阀一起提供的用以施加关闭扭矩或力的适当砝码、弹簧、执行器或其它的方式来关闭风阀。当绘制时间与压降的线性时，关闭期间风阀的压降不得低于全开位置的压力与全闭位置的压力这两点连成的直线所示的值。在不使用泄压阀的情况下，制造气流的设备必须能输出规定的风量和压力条件。关闭风阀的压差必须记录。在关闭的风阀上保持压差，对风阀进行目视检验，并记录关闭程度。

然后必须切断气流，将风阀重新设定到其开启位置。然后测试程序必须再重复两次测定。完成3个关闭循环之后，风阀必须反向安装，在气流逆向通过风阀的情况下重新测试。

只要关闭方式类似于熔丝连接或热敏风阀，可以采用任何合适的措施以释放风阀。

如果进行多段式风阀测试，必须在其它段关闭时，对每个单段进行关闭测试。

关闭风速必须基于多段风阀的总面积而非单段的风速。

#### 6.4.4 结果表示

报告和结果表示必须包含第6.4.2节所列的所有数据。另外，必须记录以下内容：

- 风阀安装位置
- 风阀安装类型(见图1)
- 气流方向
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

### 6.5 采用环境空气的运行测试

本测试旨在确定当风阀安装在管道或墙壁时，在环境空气条件下对给定风流进行运行(关闭和开启)的能力。

#### 6.5.1 一般要求

##### 6.5.1.1 测定

每个风阀必须至少测试3次，在两个气流方向，在每个选定的通过开启风阀的风量与关闭风阀的压差的组合下进行。

##### 6.5.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。在启动开启循环之前，必须建立关闭风阀的稳定压差。在启动关闭循环之前，必须建立通过风阀的稳定风量。

##### 6.5.1.3 风量测量

当使用皮托静压管时，测量平面处的气流速度必须不低于6.35 m/s (1250 fpm)。当使用喷嘴测定风量时，测试最小风量下的最小 $\Delta P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

#### 6.5.2 数据记录

##### 6.5.2.1 测试风阀

测试风阀的描述，包括型号、风阀类型(如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀)、规格及截面面积必须予以记录。

##### 6.5.2.2 测试装置

该测试装置的说明，包括具体尺寸，必须予以记录。可参照本标准中的测试示图。或者，将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

##### 6.5.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

#### 6.5.2.4 风量测量

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。对所有的测试，环境干球温度( $t_{do}$ )、环境湿球温度( $t_{wo}$ )和环境大气压( $p_b$ )必须分别记录3个读数，除非读数稳定，此时只需要各记录1个读数。

##### 6.5.2.4.1 皮托管测试(测试示图6.1)

对于皮托管横动测试，必须在每一个皮托管测量点记录一个动压读数( $P_{v3r}$ )和一个静压读数( $P_{s3r}$ )。另外，必须记录横动平面处3个干球温度读数( $t_{d3}$ )，除非读数稳定，此时只需要记录1个读数。

##### 6.5.2.4.2 管道喷嘴测试(测试示图6.2)或孔口测试 (ASHRAE 120-17, 测试示图8)

对于管道喷嘴测试或孔口测试，必须记录喷嘴或孔口的压降( $\Delta P_n$  - 管道喷嘴或  $\Delta P_{s,5-6}$  - 孔口)、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

##### 6.5.2.4.3 风室喷嘴测试(测试示图6.3和6.5)

对于风室喷嘴测试，必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

##### 6.5.2.4.4 单喷嘴风室测试(测试示图6.4)

对于单喷嘴风室测试，必须记录风室干球温度( $t_{d5}$ )、喷嘴压降( $\Delta P_n$ )和风室静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.5.2.5 测试风阀装置

每个风阀必须在模拟其现场安装情况的测试装置上进行测试(见第5.1.1节)。表6列示了风量测量和测试风阀装置的允许组合。

表6—风量测量和测试风阀装置的允许组合(环境条件运行)

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.3, 5.3A, 5.3B, 5.3C	Y	8*	E
		6.1	C
		6.2	C
	X 或 Y	6.5	B
5.4	Y	8*	C
		6.1	B
		6.2	B
	X	6.3	B
		6.4	B
5.5	X	8*	E
		6.1	C
		6.2	C
	Y	6.5	A
5.7A, 5.7C, 5.7E	X	6.1	B
		6.2	B
		6.3	A
		6.4	A
		8*	C
5.7B, 5.7D, 5.7F	Y	6.1	C
		6.2	C
		6.5	B
		8*	E

注：8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

#### 6.5.2.5.1 带有进出口管道的风阀 (测试示图5.3, 5.3A, 5.3B和5.3C)

必须记录每个测定的进口管道静压( $P_{s9}$ )和平面9处干球温度( $t_{d9}$ )各一个读数。

#### 6.5.2.5.2 带有出气风室的风阀 (测试示图5.4, 5.7A, 5.7C和5.7E)

必须记录风室静压( $P_{s7}$ )的一个读数。

#### 6.5.2.5.3 带有进气风室的风阀 (测试示图5.5, 5.7B, 5.7D和5.7F)

必须记录风室静压( $P_{s8}$ )和风室温度( $t_{d8}$ )各一个读数。

#### 6.5.2.6 关闭的程度

风阀关闭的程度及叶片和框架的任何永久变形必须记录。在特定的气流状态, 风阀必须完全关闭并自动锁住(当提供锁扣时)而不破坏风阀或其部件。如果风阀如之前静态条件下所示完全关闭, 则风阀的关闭为100%。如果风阀不能如之前静态条件下所示完全关闭和/或任何机械损坏, 必须予以记录。

#### 6.5.2.7 开启程度

风阀开启的程度及叶片和框架的任何永久变形必须记录。在特定的气流状态, 风阀必须完全开启并自动锁住(当提供锁扣时)而不破坏风阀或其部件。

如果风阀如之前静态条件下完全开启及所建立的风量值时所示一样, 则风阀的开启为100%。如果风阀不能如之前静态条件下所示完全开启, 必须予以记录。

#### 6.5.2.8 关闭时间

风阀从开启行进到关闭位置所需的时间必须记录。

#### 6.5.2.9 开启时间

风阀从关闭行进到开启位置所需的时间必须记录。

#### 6.5.3 测试方法

每次测试必须在环境温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 49\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $32\text{ }^{\circ}\text{F} \sim 120\text{ }^{\circ}\text{F}$ )下进行。一次测试就是一组完整的测量(或者测定), 每组用以设定风阀在开启位置的风量与风阀在关闭位置的压差。测试必须在风阀完全开启时在选定的风量及风阀关闭时在选定的压降下进行测试。必须在第一次测定记录前, 确定选定的风量与压降。风阀必须保持全开, 使其确定的风量通过。风量必须记录。

然后, 必须允许使用通常随风阀一起提供的用以施加关闭扭矩或力的适当砝码、弹簧、执行器或其它的关闭方式来关闭风阀。在绘制时间(横坐标)与压降(纵坐标)的线性时, 关闭期间风阀的压降不得低于全开位置的压力与全闭位置的压力这两点连成的直线所示的值。在不使用泄压阀的情况下, 制造气流的设备必须能输出规定的风量和压力的条件。关闭风阀的压差必须记录。在关闭的风阀上保持压差, 对风阀进行外部目视检验(如需要, 可通过观察口), 并记录关闭程度。

之后, 必须允许使用通常随风阀一起提供的用以施加开启扭矩或力的适当砝码、弹簧、执行器或其它的关闭方式重新开启风阀。在绘制时间(横坐标)与压降(纵坐标)的线性时, 开启过程中, 风阀的压降不得低于全开位置的压降与全闭位置的压降这两点连成的直线所示的值。一旦风阀打开, 必须对风阀进行外部目视检验(如需要, 可通过观察口), 并予以记录。初始风量必须重新建立并记录。

然后必须重复测试程序进行两次以上的测定。完成3个循环之后, 风阀必须反向安装, 在气流逆向通过风阀的情况下重新测试。

#### 6.5.4 结果表示

报告和结果表示必须包含第6.5.2节所列的所有数据。另外, 必须记录以下内容:

- 风阀安装位置

- 风阀安装类型(见图1)
- 气流方向
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

## 6.6 风阀的动态运行扭矩

本测试旨在确定风阀在气流中从开启运行至关闭位置及在规定压差时从关闭运行至开启位置所需的扭矩。

### 6.6.1 一般要求

#### 6.6.1.1 测定

每个风阀必须至少测试3次，在两个气流方向，在每个选定的通过开启风阀的风量与关闭风阀的压差的组合下进行。

#### 6.6.1.2 平衡

在启动开启循环之前，必须建立关闭风阀的稳定压差。在启动关闭循环之前，必须建立通过风阀的稳定风量。

#### 6.6.1.3 风量测量

当使用皮托静压管时，测量平面处的气流速度必须不低于6.35 m/s (1250 fpm)。当使用喷嘴测定风量时，测试最小风量下的最小 $\Delta P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

### 6.6.2 数据记录

#### 6.6.2.1 测试风阀

测试风阀的描述，包括型号、风阀类型(如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀)、规格及截面面积必须予以记录。

#### 6.6.2.2 测试装置

该测试装置的说明，包括具体尺寸，必须予以记录。可参照本标准中的测试示图。或者，将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

#### 6.6.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

#### 6.6.2.4 风量测量

每个测定的风阀开启和关闭位置的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。必须分别记录环境干球温度( $t_{d0}$ )、环境湿球温度( $t_{w0}$ )和环境大气压( $p_b$ )各3个读数，除非读数稳定，此时只需要各记录1个读数。

##### 6.6.2.4.1 皮托管测试(测试示图6.1)

对于皮托管横动测试，必须在每一个皮托管测量点记录一个动压读数( $P_{v3r}$ )和一个静压读数( $P_{s3r}$ )。另外，必须记录横动平面处3个干球温度读数( $t_{d3}$ )，除非读数稳定，此时只需要记录1个读数。

**6.6.2.4.2 管道喷嘴测试(测试示图6.2)或孔口测试 (ASHRAE 120-17, 测试示图8)**

对于管道喷嘴测试或孔口测试, 必须记录喷嘴或孔口的压降( $\Delta P_n$  - 管道喷嘴或  $\Delta P_{s,5-6}$ -孔口)、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

**6.6.2.4.3 风室喷嘴测试(测试示图6.3和6.5)**

对于风室喷嘴测试, 必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

**6.6.2.4.4 单喷嘴风室测试(测试示图6.4)**

对于单喷嘴风室测试, 必须记录风室干球温度( $t_{d5}$ )、喷嘴压降( $\Delta P_n$ )和风室静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

**6.6.2.5 测试风阀装置**

每个风阀必须在模拟其现场安装情况的测试装置上进行测试(见第5.1.1节)。表7列示了风量测量和测试风阀装置的允许组合。

**表7 一风阀动态运行扭矩, 测试风阀装置**

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.3, 5.3A, 5.3B, 5.3C	Y	8*	E
		6.1	C
		6.2	C
	X 或 Y	6.5	B
5.4	Y	8*	C
		6.1	B
		6.2	B
	X	6.3	B
		6.4	B
5.5	X	8*	E
		6.1	C
		6.2	C
	Y	6.5	A
5.7A, 5.7C, 5.7E	X	8*	C
		6.1	B
		6.2	B
		6.3	A
		6.4	A
5.7B, 5.7D, 5.7F	Y	8*	E
		6.1	C
		6.2	C
		6.5	B

注: 8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

**6.6.2.5.1 带有进口和出口管道的风阀 (测试示图5.3, 5.3A, 5.3B和5.3C)**

必须记录测试风阀压降( $\Delta P_{s9,4}$ )的一个读数。

**6.6.2.5.2 带有出气风室的风阀 (测试示图5.4, 5.7A, 5.7C和5.7E)**

必须记录风室静压( $P_{s7}$ )的一个读数。

### 6.6.2.5.3 带有进气风室的风阀 (测试示图5.5, 5.7B, 5.7D和5.7F)

必须记录风室静压( $P_{s8}$ )和风室温度( $t_{d8}$ )各一个读数。

### 6.6.2.6 关闭时间

风阀从开启行进到关闭位置所需的时间必须记录。

### 6.6.2.7 开启时间

风阀从关闭行进到开启位置所需的时间必须记录。

### 6.6.3 测试方法

每次测试必须在环境温度 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 49\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $32\text{ }^{\circ}\text{F} \sim 120\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) 时进行。测定必须包括按第6.6.1.1节规定的风阀驱动轴旋转产生扭矩的读数。至少, 测试必须包括以下的测定: 在开启和关闭循环中, 风阀驱动轴的旋转, 每增加 $1^{\circ}$ 所获得的扭矩读数。

测试必须在风阀完全开启时在选定的风量及风阀关闭时在选定的压降下进行测试。

选定的风量与压差必须在第一次测定记录之前确定。风阀必须保持全开, 允许既定的风量通过。风量必须记录。

然后, 必须启动风阀关闭。在绘制时间(横坐标)与压降(纵坐标)的线性时, 关闭期间风阀的压降不得低于全开位置的压降与全闭位置的压降这两点连成的直线所示的值。在不使用泄压阀的情况下, 制造气流的设备必须能输出规定的风量和压力的条件。关闭风阀的压差必须记录。

之后, 必须启动风阀返回开启状态。当在线性纸上绘制时间(横坐标)与压降(纵坐标)时, 开启期间风阀的压降不得低于全开位置的压降与全闭位置的压降这两点连成的直线所示的值。在不使用泄压阀的情况下, 产生气流的设备必须能输出规定的风量和压力的条件。初始风量必须重新建立并记录。

然后必须重复测试程序进行两次以上的测定。完成3个循环之后, 风阀必须反向安装, 在气流逆向通过风阀的情况下重新测试。

### 6.6.4 结果表示

报告和结果表示必须包含第6.6.2节和第6.3节所列的所有数据。另外, 必须记录以下内容:

- 风阀安装位置
- 风阀安装类型(见图1)
- 叶片方向
- 叶片动作
- 气流方向
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

### 6.7 采用高温空气的动态关闭测试

本测试旨在确定风阀在给定高温气流下激活热敏关闭的能力及当风阀安装在管道中, 在关闭引起的压力作用下保持完整性的能力。

## 6.7.1 一般要求

### 6.7.1.1 测定

每个风阀必须至少测试3次，在两个气流方向，在每个选定的通过开启风阀的风量与关闭风阀的压差的组合下进行。在进行高温空气关闭测试之前，必须进行环境状态下3个循环的预先测试。在预先测试之后进行一次高温空气测试。

### 6.7.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。

### 6.7.1.3 测试前的环境测量

在记录测试风量数据之前，必须记录一般测试区域的干球温度、湿球温度、大气压和气压计所处环境温度。

### 6.7.1.4 风量测量

当使用皮托静压管时，测量平面处的气流速度必须不低于6.35 m/s (1250 fpm)。当使用喷嘴测定风量时，测试最小风量下的最小 $\Delta P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

### 6.7.1.5 高温测量

在风阀上游 $305 \pm 25$  mm ( $12 \pm 1$  in.)的平面处，必须使用至少9个等间距热电偶测量温度( $t_{d1}$ )。

## 6.7.2 数据记录

### 6.7.2.1 测试风阀

测试件的描述，包括型号、风阀类型（如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀）、规格及截面面积必须予以记录。

### 6.7.2.2 测试装置

该测试装置的说明，包括具体尺寸，必须予以记录。可参照本标准中的测试示图。或者，将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

### 6.7.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

### 6.7.2.4 风量测量

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。对所有的测试，必须分别记录环境干球温度( $t_{d0}$ )、环境湿球温度( $t_{w0}$ )和环境大气压( $p_b$ )各3个读数，除非读数稳定，此时只需要各记录1个读数。

#### 6.7.2.4.1 皮托管测试(测试示图6.1)

对于皮托管横动测试，必须在每一个皮托管测量点记录一个动压读数( $P_{v3r}$ )和一个静压读数( $P_{s3r}$ )。另外，必须记录横动平面处3个干球温度读数( $t_{d3}$ )，除非读数稳定，此时只需要记录1个读数。

#### 6.7.2.4.2 管道喷嘴测试(测试示图6.2)或孔口测试 (ASHRAE 120-17, 测试示图8)

对于管道喷嘴测试或孔口测试，必须记录喷嘴或孔口的压降( $\Delta P_n$  - 管道喷嘴或  $\Delta P_{s,5-6}$  - 孔口)、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.7.2.4.3 风室喷嘴测试(测试示图6.5)

对于风室喷嘴测试，必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.7.2.4.4 其它风量测量风阀

必须记录数据以建立准确的风量测量 (见第4.3.5节)。

### 6.7.2.5 温升速率

以一定的速度将热量引入系统，使其产生平均每分钟 $15\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $30\text{ }^{\circ}\text{F} - 50\text{ }^{\circ}\text{F}$ )的温升速率。从热量引入系统开始直至测试完成，最多间隔10秒钟必须记录温度 $t_{dr}$ 。

### 6.7.2.6 能量输入

本文所述的加热空气测试预期使用天然气的燃烧作为热量来源。其它方法的热量输入必须被允许采用，前提是只要流过风阀的质量流量能修正到与采用天然气作为热源时的相同质量流量即可。

### 6.7.2.7 关闭温度

热敏风阀释放时的近似温度( $t_{dr}$ )必须估计并记录。

### 6.7.2.8 测试风阀装置

表8列示了风量测量和测试风阀装置的允许组合。

表8 — 采用加热空气动态关闭测试的测试风阀装置

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.9	X	6.1	C
		6.2	C
		6.5	B
		8*	E

注：8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

#### 6.7.2.8.1 带有进口和出口管道的风阀 (测试示图5.9)

在关闭之前必须记录进口管道静压( $P_{s9}$ )的一个读数。达到关闭平衡后的压差( $\Delta P_{9,4}$ )必须记录。

### 6.7.2.9 关闭的程度

风阀关闭的程度及叶片和框架的任何永久变形必须记录。

在特定的气流与加热状态，风阀必须完全关闭并自动锁住(当提供锁扣时)而不破坏风阀或其部件。如果风阀如之前静态条件下所示完全关闭，则风阀的关闭为100%。如果风阀不能如之前静态条件下所示完全关闭和/或任何机械损坏，必须予以记录。

### 6.7.2.10 关闭时间

风阀从开启行进到关闭位置所需的时间必须记录。

### 6.7.3 测试方法

加热空气关闭测试之前，必须在环境条件下进行3个循环的预先测试。

风量与压差测量必须在环境温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 49\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $32\text{ }^{\circ}\text{F} \sim 120\text{ }^{\circ}\text{F}$ )下进行。必须设定全开时流过风阀的选定风量，然后必须关闭风阀，设定风阀的选定压差。

测试系统的设计方式必须是当测试风阀打开就会塑成初始风量这种方式。一次测定即为一组完整的测量，风阀在开启位置与风阀在关闭时的压差。

在测试系统设置为通过开启风阀要求的风量与关闭风阀压降的设定后，开启测试风阀，系统按照提供在环境状态下建立的风量进行设定。然后必须将热量以每分钟产生 $15\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $30\text{ }^{\circ}\text{F} - 50\text{ }^{\circ}\text{F}$ )的平均温升的速率引入系统。风阀必须配备通常随风阀提供的热敏阻尼器。将热量持续引入直至触发热敏阻尼器并使风阀关闭。(注:为安全考虑，当测试风阀关闭时可能需要关闭热源)。风阀必须使用通常随风阀一起提供的用以

施加关闭扭矩或力的适当的砝码、弹簧、执行器或其它的关闭方式来关闭风阀。

在绘制时间(横坐标)与压降(纵坐标)的线性时, 关闭期间风阀的压降不得低于全开位置的压力与全闭位置的压力这两点连成的直线所示的值。在关闭风阀上保持压差, 对风阀进行外部目视检验(如需要, 可通过观察口), 并记录关闭程度。

在本测试中, 装有外部执行器作为关闭风阀的设置, 在测试时必须在执行器周围使用外壳进行测试。外壳必须包含执行器并装设一个加热器, 用以将外壳内的温度提高到与风阀的额定温度相同并持续相同的时间。

#### 6.7.4 结果表示

报告和结果表示必须包含第6.7.2节所列的所有数据。另外, 必须记录以下内容:

- 风阀安装位置
- 风阀安装类型(见图1)
- 叶片方向
- 风阀操作装置/执行器
- 执行器输入源(电压或气压, 如适用)
- 气流方向
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

### 6.8 采用高温空气的运行测试

本测试旨在确定安装在管道中的风阀处在高温气流时风阀的运行能力(开启到关闭、再到开启)。

#### 6.8.1 一般要求

##### 6.8.1.1 测定

每个风阀必须至少测试3次, 在两个气流方向, 在每个选定的通过开启风阀的风量与关闭风阀的压差的组合下进行。在进行高温空气运行测试之前, 必须进行环境状态下3个循环的预先测试。在预先测试之后进行一次高温空气测试。

##### 6.8.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。为了在平衡时测试, 必须先观察, 直到获得稳定读数。对于未能建立平衡的空气输送范围, 必须予以记录。

##### 6.8.1.3 测试前的环境测量

在记录测试的气流数据前, 必须记录在一般测试区域内气流的干球温度、湿球温度、大气压及气压计处的环境温度。

##### 6.8.1.4 风量测量

当采用皮托静压管测量时, 测量平面处的气流风速必须不低于6.35 m/s (1250 fpm)。当采用喷嘴确定风量时, 在测试最小风量时的最小 $P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果孔口的前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg), 可以使用尖锐边缘的孔口。

### 6.8.1.5 高温温度测量

在风阀上游 $305 \pm 25 \text{ mm}$  ( $12 \pm 1 \text{ in.}$ )的平面处, 必须使用至少9个等间距热电偶测量温度( $t_{d1}$ )。

## 6.8.2 数据记录

### 6.8.2.1 测试风阀

测试件的描述, 包括型号、风阀类型 (如: 幕帘阀、单叶阀、多叶阀)、规格及截面面积必须予以记录。

### 6.8.2.2 测试装置

该测试装置的说明, 包括具体尺寸, 必须予以记录。

可参照本标准中的测试示图。或者, 将安装图纸或者将有注解的照片与记录的数据附在一起。

### 6.8.2.3 仪器

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录, 并必须记录名称, 型号, 序列号、量程范围和校准信息。

### 6.8.2.4 风量测量

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能, 读数必须同时获取。对所有的测试, 必须分别记录环境干球温度( $t_{d0}$ )、环境湿球温度( $t_{w0}$ )和环境大气压( $p_b$ ) 各3个读数, 除非读数稳定, 此时只需要各记录1个读数。

#### 6.8.2.4.1 皮托管测试(测试示图6.1)

对于皮托管横动测试, 必须在每一个皮托管测量点记录一个动压读数( $P_{v3r}$ )和一个静压读数( $P_{s3r}$ )。另外, 必须记录横动平面处3个干球温度读数( $t_{d3}$ ), 除非读数稳定, 此时只需要记录1个读数。

#### 6.8.2.4.2 管道喷嘴测试(测试示图6.2)或孔口测试 (ASHRAE 120-17, 测试示图8)

对于管道喷嘴测试或孔口测试, 必须记录喷嘴或孔口的压降( $\Delta P_n$  - 管道喷嘴或  $\Delta P_{s,s-6}$  - 孔口)、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.8.2.4.3 风室喷嘴测试(测试示图6.3和6.5)

对于风室喷嘴测试, 必须记录喷嘴组合及喷嘴压降( $\Delta P_n$ )、接近的干球温度( $t_{d5}$ )和静压( $P_{s5}$ )各一个读数。

#### 6.8.2.4.4 其它风量测量风阀

必须记录数据以建立准确的风量测量 (见第4.3.5节)。

### 6.8.2.5 温升速率

从热量引入系统开始直至测试完成, 必须间隔10秒钟记录温度 $t_{d1}$ 。

### 6.8.2.6 关闭的程度

风阀关闭的程度及叶片和框架的任何永久变形必须记录。

在特定的气流与加热状态, 风阀必须完全关闭并自动锁住(当提供锁扣时)而不破坏风阀或其部件。如果风阀如之前静态条件下所示完全关闭, 则风阀的关闭为100%。如果风阀不能如之前静态条件下所示完全关闭和/或任何机械损坏, 必须予以记录。

### 6.8.2.7 开启的程度

风阀开启的程度及叶片和框架的任何永久变形必须记录。

在特定的气流与加热状态, 风阀必须完全开启并自动锁住(如提供锁扣时)而不破坏风阀或其部件。如果风阀如之前在静态条件下所示完全开启并建立初始风量值, 则风阀的开启为100%。如果风阀不能如之前静态条件下所示完全开启时, 则应予以记录。

### 6.8.2.8 能量输入

#### 6.8.2.8.1 热输入

测试过程中使用的热源的气体消耗或电输入必须转换为Joule (BTU)输入。本文所述的加热空气测试预期使用天然气的燃烧作为热量来源。其它方法的热量输入必须被允许采用，前提是只要流过风阀的质量流量能修正到与采用天然气作为热源时的相同质量流量即可。

#### 6.8.2.8.2 质量流量

必须将足够的能量引入系统以满足第6.8.2.5节所要求的温升速率。在关闭之前，如果使用的碳氢燃料作为热能源，则必须考虑引入燃烧气体以确保通过风阀的空气流量保持恒定。

#### 6.8.2.9 测试风阀装置

表9列示了风量测量与测试风阀装置的允许组合。

表9—采用加热空气的风阀运行测试的测试风阀装置

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.9	X	6.1	C
		6.2	C
		6.5	B
		8*	E

注：8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

#### 6.8.2.9.1 对于进口和出口管道的风阀 (测试示图5.9)

必须记录进口管道静压( $P_{s9}$ )的一个读数。达到关闭平衡后的压差( $\Delta P_{9,4}$ )必须记录。

#### 6.8.2.10 关闭的程度

风阀关闭的程度及叶片和框架的任何永久变形必须记录。在特定的气流与加热状态，风阀必须完全关闭并自动锁住(当提供锁扣时)而不破坏风阀或其部件。如果风阀如之前静态条件下所示完全关闭，则风阀的关闭为100%。如果风阀不能如之前静态条件下所示完全关闭和/或任何机械损坏，必须予以记录。

#### 6.8.2.11 关闭时间

风阀从开启行进到关闭位置所需的时间必须记录。

#### 6.8.2.12 开启时间

风阀从关闭位置行进到开启所需的时间必须记录。

### 6.8.3 测试方法

风量与压差测量必须在环境温度设定为0 °C ~ 49 °C (32 °F ~ 120 °F)下进行并记录。必须设定全开时流过风阀的选定风量，然后必须关闭风阀，设定风阀的选定压差。测试系统的设计方式必须是当测试风阀打开就会塑成初始风量这种方式。一次测定即为一组完整的测量，风阀在开启位置与风阀在关闭时的压差。

在测试系统设置为通过开启风阀要求的风量与关闭风阀压降的设定后，开启测试风阀，系统按照提供在环境状态下建立的风量进行设定。然后必须将热量以每分钟产生15 °C - 30 °C (30 °F - 50 °F)的平均温升的速率引入系统。达到要求的测试温度后，该温度必须保持在-0 °C + 30 °C (-0 °F +50 °F)。

只要风阀在达到或超过测试温度的累计时间为15分钟，则必须允许记录温度低于测试温度的例外情况。在达到温度所需时间后，风阀必须配备通常随风阀提供的用以施加关闭扭矩或力的适当砝码、弹簧、执行器或其它的关闭方式来关闭风阀。(注:为安全考虑，当测试风阀关闭时可能需要关闭热源)。在绘制时间(横坐

标)与压降(纵坐标)的线性时, 关闭期间风阀的压降不得低于全开位置的压降与全闭位置的压降这两点连成的直线所示的值。在不使用泄压阀的情况下, 制造气流的设备必须能输出规定的风量和压力的条件。

在关闭的风阀上保持压差, 必须对风阀进行目视检验并记录关闭程度。在重新开启前, 试样必须处于额定测试温度。之后, 必须允许以使用通常随风阀一起提供的用以施加开启扭矩或力的适当砝码、弹簧、执行器或其它关闭风阀, 重新开启风阀。在绘制时间(横坐标)与压降(纵坐标)的线性时, 开启过程中, 风阀的压降不得低于全开位置的压降与全闭位置的压降这两点连成的直线所示的值。一旦风阀打开, 对风阀进行外部目视检验(如需要, 可通过观察口), 并记录开启程度。

在本测试中, 风阀装有外部执行器作为关闭风阀的机构时, 测试时必须带有执行器的外壳。外壳必须包含执行器并装设一个加热器, 用以将外壳内的温度提高到与风阀的额定温度相同并持续相同的时间

#### 6.8.4 结果表示

报告及结果表示必须包含第6.8.2和6.8.3节所列的所有数据, 另外, 必须记录以下内容:

- 风阀安装位置
- 风阀安装类型(见图1)
- 叶片方向
- 执行器/操作装置
- 执行器/操作装置的输入源
- 气流方向
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

### 6.9 热能效测试

本测试旨在对通过被评估的风阀的能量损失与预定的基准风阀进行比较。

有关认证和认证所需的测试规格的信息, 见附录C。

#### 6.9.1 一般要求

##### 6.9.1.1 测定

测试必须包含在每个气流方向上进行一次测定。每次测定必须在恒定的压差和恒定的温差下进行。

##### 6.9.1.2 平衡

在每次测定之前必须分析确立平衡状态。为了测试平衡, 必须进行尝试性观测直至读数稳定在 $\pm 1.11\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) 内, 且保持10分钟的恒定。

##### 6.9.1.3 固定扭矩测量

这不适用于替换墙壁测试。它可能不适用于止回阀。

##### 6.9.1.3.1 校准重量

测试进行中必须带有校准配重、弹簧、执行器或其它风阀用以施加正常固定扭矩。产生扭矩的力必须与运行风阀的力所施加的位置一致。

### 6.9.1.3.2 扭矩的应用

扭矩必须在风阀叶片全开的位置、前后压差 $\Delta P$ 为零时施加。相应的配重必须逐步降低，没有冲击载荷，直至风阀在没有附加力时达到其关闭位置。同样，允许弹簧、执行器或其它风阀，以不会施加比正常施加的任何附加力的方式关闭风阀。

### 6.9.1.4 风量测量

当使用喷嘴测定风量时，测试最小风量下的最小 $\Delta P_n$ 必须为25 Pa (0.1 in. wg)。如果前后压差大于75 Pa (0.3 in. wg)，可以使用尖锐边缘的孔口。

### 6.9.1.5 能耗率的测量

测量设备的必须为 $\pm 2$  watts或更大的精度。

## 6.9.2 数据记录

### 6.9.2.1 测试风阀

测试风阀的描述，包括型号、风阀类型（如：幕帘阀、单叶阀、多叶阀）、规格、截面面积、气流方向以及叶片方向必须予以记录。

### 6.9.2.2 测试装置

测试装置必须如测试示图5.10所示安排。

### 6.9.2.3 仪表

测试中用到的仪器及装置必须列出和记录，并必须记录名称，型号，序列号、量程范围和校准信息。

### 6.9.2.4 温差测试数据

热处理室的室内 ( $t_{d9}$ )、室外 ( $t_{d10}$ ) 及泄漏测量平面 ( $t_{d5}$ ) 的测试温度必须记录(测试示图5.10)。

### 6.9.2.5 风量测量的测试数据

每个测定的测试数据必须记录。只要有可能，读数必须同时获取。对每个测试，环境干球温度 ( $t_{d0}$ )、环境湿球温度 ( $t_{w0}$ ) 和环境大气压 ( $p_b$ ) 必须分别记录3个读数，除非读数稳定，此时只需要各记录1个读数。

### 6.9.2.6 能耗率的测量测试数据

一旦热处理室内达到平衡，电阻热源消耗 ( $q$ ) 的功率必须记录。

### 6.9.2.7 风阀压力

热处理室内的静压 ( $P_{s9}$ ) 必须记录。

## 6.9.3 测试方法

在热处理室开口的面上安装替换墙或风阀。将热处理室的开口与替换墙或风阀框架之间的缝隙密封。在测试风阀时施加要求的关闭扭矩。

开启可调通风机并调整风机转速以获得热处理室所需的压力。打开风室中的一个喷嘴/一组喷嘴或选择适当尺寸的孔口使得喷嘴墙的压差最小为 25 Pa (0.1 in. wg) 或孔口的压差为 75 Pa (0.3 in. wg)。如果喷嘴墙或孔口的压差小于所需，则在加压空气供应和热处理室之间插入直接读数的气流计，如示图5.6A所示。记录要求的数据并按照第2节的计算来计算环境泄漏。如果测试的是替换墙，则其泄漏率必须小于等于2 cfm。如果替换墙的泄漏率大于2 cfm，那风室就必须重新密封并重新测试。

在热处理室仍在运行的情况下，打开电阻热源并调整直到保持要求的温差。如需要，调节通风机的转速以保持要求的压差。一旦达到第6.9.1.2节所定义的平衡，记录所有要求的数据。

表10—热能效测试风阀装置

测试风阀装置		风量测量装置	
测试示图	连接平面	测试示图	连接平面
5.10	A	6.5	B
5.10	A	8*	E

注：8\*表示ASHRAE 120-2017的图8

#### 6.9.4 结果表示

报告及结果的表示必须包含第6.9.2节所列的所有数据。另外，还必须记录以下内容：

- 风阀安装位置(风室表面上)
- 风阀安装类型(见图1)
- 关闭方式(不适用于替换墙)
- 叶片方向
- 叶片动作
- 人员
- 日期
- 测试ID#
- 实验室名称
- 实验室地址
- 参照ANSI/AMCA标准500-D-18

## 7. 计算

### 7.1 校准修正

在求平均或其它计算前，如有必要的话，个别读数必须做校准修正。如修正小于允许偏差最大值一半的话，不必进行校准修正，如第4节中说明。

### 7.2 空气密度和粘度

#### 7.2.1 大气密度

大气密度( $\rho_0$ )必须通过测量周围的干球温度( $t_{d0}$ )、湿球温度( $t_{w0}$ )和大气压( $p_b$ )来确定，采用公式7.1、7.2、和7.3[16]。

$$\rho_e = 3.25t_{w0}^2 + 18.6t_{w0} + 692 \quad \text{公式 7.1 SI}$$

$$\rho_e = (2.96 \times 10^{-4})t_{w0}^2 - (1.59 \times 10^{-2})t_{w0} + 0.41 \quad \text{公式 7.1 I-P}$$

$$\rho_p = \rho_e - \rho_b \left( \frac{t_{d0} - t_{w0}}{1500} \right) \quad \text{公式 7.2 SI}$$

$$\rho_p = \rho_e - \rho_b \left( \frac{t_{d0} - t_{w0}}{2700} \right) \quad \text{公式 7.2 I-P}$$

$$\rho_0 = \frac{\rho_b - 0.378\rho_p}{R(t_{d0} + 273.15)} \quad \text{公式 7.3 SI}$$

$$\rho_0 = \frac{70.73(\rho_b - 0.378\rho_p)}{R(t_{d0} + 459.67)} \quad \text{公式 7.3 I-P}$$

公式 7.1 是对  $t_{w0}$  在 4°C - 32°C (40°F - 90°F) 范围内对  $\rho_e$  进行的近似修正。当  $t_{w0}$  超出 4°C - 32°C (40°F - 90°F) 范围时，必须由 ASHRAE 基本原理手册[19]得到  $\rho_e$  的数值。气体常量(R)，对空气而言，可采用 287.1J/kg•K (53.35 ft•lbf/lbm•°R)。

### 7.2.2 管道或风室空气密度

在平面x处管道或风室内空气密度( $\rho_x$ )，可以通过平面x的压力( $P_{sx}$ )和温度( $t_{dx}$ )修正大气密度( $\rho_0$ )计算得出：

$$\rho_x = \rho_0 \left[ \frac{t_{d0} + 273.15}{t_{dx} + 273.15} \right] \left[ \frac{P_{sx} + \rho_b}{\rho_b} \right] \quad \text{公式 7.4 SI}$$

$$\rho_x = \rho_0 \left[ \frac{t_{d0} + 459.67}{t_{dx} + 459.67} \right] \left[ \frac{P_{sx} + 13.595\rho_b}{13.595\rho_b} \right] \quad \text{公式 7.4 I-P}$$

如果  $P_{sx}$  的数值小于 1000 Pa (4 in. wg)，则可认为x等于0。

### 7.2.3 空气粘度

粘度( $\mu$ )的计算必须依据：

$$\mu_x = (17.23 + 0.048t_{dx}) \times 10^{-6} \quad \text{公式 7.5 SI}$$

$$\mu_x = (11.00 + 0.018t_{dx}) \times 10^{-6} \quad \text{公式 7.5 I-P}$$

在 20°C (68°F) 的空气值，即  $1.819 \times 10^{-5}$  Pa•s ( $1.222 \times 10^{-5}$  lbf/ft•s)，在 4°C (40°F) 和 40°C (100°F) 之间可能会采用[17]。

## 7.3 在试验条件下的流量

### 7.3.1 速度横向分布

风阀风量可根据皮托管横动测得的动压( $P_{v3}$ )计算而来。

#### 7.3.1.1 动压

动压( $P_{v3}$ )是对应各个测量值( $P_{v3r}$ )的平方根之和除以测量数目( $n$ )的商的平方值，如下所示：

$$P_{v3} = \left( \frac{\sum \sqrt{P_{v3r}}}{n} \right)^2 \quad \text{公式 7.6}$$

#### 7.3.1.2 速度

平均风速( $V_3$ )必须根据截面的密度( $\rho_3$ )和相应动压( $P_{v3}$ )获得，采用：

$$V_3 = \sqrt{\frac{2P_{v3}}{\rho_3}} \quad \text{公式 7.7 SI}$$

$$V_3 = 1097.8 \sqrt{\frac{P_{v3}}{\rho_3}} \quad \text{公式 7.7 I-P}$$

#### 7.3.1.3 流量

在毕托管测量截面的流量( $Q_3$ )必须根据速度( $V_3$ )和其面积( $A_3$ )获得，采用：

$$Q_3 = V_3 A_3 \quad \text{公式 7.8}$$

### 7.3.2 喷嘴

风阀流量可以通过经由单个喷嘴或一组多个喷嘴测得的压差( $\Delta P_n$ )计算而得[18]。

#### 7.3.2.1 阿尔法比率

比率是指喷嘴的绝对出口压力与绝对入口压力之比，计算采用：

$$\alpha = \frac{P_{s6} + p_b}{P_{s5} + p_b} \quad \text{公式 7.9 SI}$$

$$\alpha = \frac{P_{s6} + 13.63p_b}{P_{s5} + 13.63p_b} \quad \text{公式 7.9 I-P}$$

或：

$$\alpha = 1 - \left( \frac{\Delta P_n}{\rho_5 R (t_{d5} + 273.15)} \right) \quad \text{公式 7.10 SI}$$

$$\alpha = 1 - \left( \frac{5.187 \Delta P_n}{\rho_5 R [t_{d5} + 459.67]} \right) \quad \text{公式 7.10 I-P}$$

#### 7.3.2.2 贝塔比率

比率是指喷嘴出口直径( $D_6$ )与入口管道直径( $D_5$ )之比，计算采用：

$$\beta = D_6/D_5 \quad \text{公式 7.11}$$

对于风室入口， $\beta$ 可能被视为0。

#### 7.3.2.3 膨胀系数

膨胀系数( $Y$ )可按以下获得：

$$Y = \left( \frac{Y}{Y-1} \alpha^{2/\gamma} \frac{1 - \alpha^{(\gamma-1/\gamma)}}{1 - \alpha} \right)^{0.5} \left( \frac{1 - \beta^4}{1 - \beta^4 \alpha^{2/\gamma}} \right)^{0.5} \quad \text{公式 7.12}$$

空气的比热比( $\gamma$ )可取 1.4。另外，空气膨胀系数可更精确，借助：

$$Y = 1 - (0.548 + 0.71\beta^4)(1 - \alpha) \quad \text{公式 7.13}$$

#### 7.3.2.4 能量系数

能量系数( $E$ )可通过在喷嘴上游标准横截面测量点测得的动压( $P_v$ )计算而得：

$$E = \frac{\left[ \frac{\Sigma(P_v^{1.5})}{n} \right]}{\left[ \frac{\Sigma(P_v^{0.5})}{n} \right]^3} \quad \text{公式 7.14}$$

按本标准设定的风室入口  $E = 1.0$  或管道入口  $E = 1.043$  的设置，能取得足够精度[10]。

#### 7.3.2.5 雷诺数

雷诺数( $Re$ )基于喷嘴出口直径( $D_6$ )，计算得：

$$Re = \frac{D_6 V_6 \rho_6}{\mu_6} \quad \text{公式 7.15 SI}$$

$$Re = \frac{D_6 V_6 \rho_6}{60 \mu_6} \quad \text{公式 7.15 I-P}$$

采用如第7.2节确定的空气属性及适当喉部速度( $V_6$ )以 m/s (fpm)。由于速度的确定取决于雷诺数, 应采用一近似法。它表现为:

$$Re = \frac{\sqrt{2}}{\mu_6} C D_6 Y \sqrt{\frac{\Delta P_n \rho_5}{1-E\beta^4}} \quad \text{公式 7.16 SI}$$

$$Re = \frac{1097}{60 \mu_6} C D_6 Y \sqrt{\frac{\Delta P_n \rho_5}{1-E\beta^4}} \quad \text{公式 7.16 I-P}$$

对于风室入口,  $\beta$  可视为0。

### 7.3.2.6 流量系数

喷嘴流量系数( $C$ )由计算而得:

$$C = 0.9986 - \left( \frac{7.006}{\sqrt{Re}} \right) + \left( \frac{134.6}{Re} \right) \quad \text{公式 7.17}$$

对于  $L/D = 0.6$

$$C = 0.9986 - \left( \frac{6.688}{\sqrt{Re}} \right) + \left( \frac{131.5}{Re} \right) \quad \text{公式 7.18}$$

对于:  $L/D = 0.5$

对于  $Re$  为 12,000 及以上 [10]。

参考 ANSI/AMCA 标准 210 附录 G, 一个迭代过程以确定  $Re$  和  $C$  的例子。

### 7.3.2.7 管道喷嘴的流量

在管道入口处喷嘴的流量( $Q_5$ ) 必须按以下计算:

$$Q_5 = \frac{C A_6 Y \sqrt{\frac{2 \Delta P_n}{\rho_5}}}{\sqrt{1-E\beta^4}} \quad \text{公式 7.19 SI}$$

$$Q_5 = \frac{1097 C A_6 Y \sqrt{\frac{\Delta P_n}{\rho_5}}}{\sqrt{1-E\beta^4}} \quad \text{公式 7.19 I-P}$$

面积( $A_6$ )是在喉部测孔的平面处测得。

### 7.3.2.8 风室喷嘴的流量

风室单个喷嘴入口处或多个喷嘴入口处的流量( $Q_5$ )必须由计算而得:

$$Q_5 = Y \sqrt{\frac{2 \Delta P_n}{\rho_5}} \sum (C A_6) \quad \text{公式 7.20 SI}$$

$$Q_5 = 1097Y \sqrt{\frac{\Delta P_n}{\rho_5}} \Sigma(CA_6) \quad \text{公式 7.20 I-P}$$

每个喷嘴的流量系数(C)和面积(A<sub>6</sub>)都应要确定，且按照指定的将它们的乘积求和。面积(A<sub>6</sub>)在喉部测孔的平面测得或没有喉部测孔的喷嘴在喷嘴出口处测得。

为了计算平面5处的密度(测试示图6.5)，在测试示图5.7B、5.7D和5.7F中的P<sub>s5</sub>可以被认为等于Ps8+ΔPn。Ps5不可用于计算风阀压差。

### 7.3.3 孔口

风阀的流量可以通过孔口测量的压差(ΔPn=ΔP5,6 - ASHRAE 120-17, 图8) 计算[20]。计算在ASHRAE 120-17第9.3.2节中描述。

### 7.4 密度修正

管道系统的阻力或风阀压降取决于通过系统或风阀的空气密度。在恒定的流量下，压降的变化与密度成正比。例如，密度增加10%，会使压降增加10%。必须将在测试条件下测得的压降进行修正并调整至与标准空气密度(1.2 kg/m<sup>3</sup> [0.075 lbm/ft<sup>3</sup>])相同的流量下测得的压降。

修正必须按以下公式计算：

$$Q_s = Q_1 \quad \text{公式7.21}$$

$$\Delta P_s = \Delta P_{1,2} \left( \frac{1.2}{\rho_1} \right) \quad \text{公式7.22 SI}$$

$$\Delta P_s = \Delta P_{1,2} \left( \frac{0.075}{\rho_1} \right) \quad \text{公式7.20 I-P}$$

由于加热空气测试不是在恒定的流量下进行，所以本节中的密度修正不适用于加热空气。

### 7.5 质量流量的连续性

风阀的流量测量是在与风阀进口平面不同的平面处进行。在一些装置中，尤其是测试示图6.5，流量测量平面处的空气密度与风阀进口平面处的空气密度不同。在这种情况下，流量必须由质量连续性方程中获得：

$$Q_1 = Q_x \left( \frac{\rho_x}{\rho_1} \right) \quad \text{公式7.23}$$

其中：

平面1 = 风阀进口平面

平面x = 流量测量平面

### 7.6 空气泄漏—系统泄漏修正

为了建立风阀的空气泄漏，必须从风阀与系统空气泄漏中减去系统空气泄漏。对于每对测定，由于设定和测试修正到标准空气的精确压降不切合实际，所以可以通过以下的方法之一来完成减法。

#### 7.6.1 图表减法

两个测试中得到的数据必须绘制在对数坐标纸上。然后必须通过每组数据点绘制一条直线。在任何给定压差的风阀空气泄漏风量就等于该压差下两条直线之间的风量差。

#### 7.6.2 数据点减法

只要将系统空气泄漏风量按照风阀与系统相同的压差进行修正，那给定压差数据的空气泄漏率就可以直接减去。由调整测试风量(Q<sub>i</sub>)及为使压差相等而需要的压力比的平方根，确定转换风量(Q<sub>c</sub>)。

$$Q_c = Q_t \sqrt{\frac{\Delta P_{DS}}{\Delta P_s}} \quad \text{公式7.24}$$

其中：

- $Q_c$  = 转换风量,  $\text{m}^3/\text{s}$  (cfm)
- $Q_t$  = 测试风量,  $\text{m}^3/\text{s}$  (cfm)
- $\Delta P_{DS}$  = 风阀及系统的测试压差, Pa (in. wg)
- $\Delta P_s$  = 系统测试压差, Pa (in. wg)

## 7.7 压降—管道系统修正

为了建立风阀的压降, 必须从风阀与系统空气压降中减去系统空气压降。对于每对测定, 由于设定和测试修正到标准空气的精确风量不切合实际, 所以可以通过以下的方法之一来完成减法。

### 7.7.1 图表减法

两个测试中得到的数据必须绘制在对数坐标纸上。然后必须通过每组数据点绘制一条直线。在任何给定风量的风阀压降就等于该风量下两条直线之间的压差。

### 7.7.2 数据点减法

只要将管道系统压降按照风阀与管道系统相同的风量进行修正, 那给定风量数据的压降就可以直接减去。由调整测试压降( $\Delta P_t$ )及为使风量相同而要求的风量比的平方, 确定转换压降( $\Delta P_c$ )。

$$\Delta P_c = \Delta P_t \left( \frac{Q_{DS}}{Q_s} \right)^2 \quad \text{公式7.25}$$

其中：

- $Q_{DS}$  = 风阀与管道系统风量,  $\text{m}^3/\text{s}$ (cfm)
- $Q_s$  = 管道系统风量,  $\text{m}^3/\text{s}$  (cfm)
- $\Delta P_t$  = 测试压降, Pa (in. wg)
- $\Delta P_c$  = 转换压降, Pa (in. wg)

## 7.8 空气泄漏—高温泄漏测试的系统泄漏修正

通过风阀的泄漏等于平面2和平面5(喷嘴板)之间系统泄漏、以及如测试示图5.9和6.6所示在平面5(喷嘴板)通过开启喷嘴的测量风量之和。风阀的泄漏可以通过两个单独的测试求证。第一测试时打开给定的喷嘴或喷嘴组合(例如, 20 mm [0.75 in.]直径的喷嘴)和第二测试时打开较小的喷嘴或喷嘴组合(例如, 12 mm [0.50 in.]直径的喷嘴)。两个测试的风阀泄漏由公式7.26和7.27给出。

$$\text{测试\#1: } Q_{d,t1} = Q_{s,t1} + Q_{n,t1} \quad \text{公式7.26}$$

$$\text{测试\#2: } Q_{d,t2} = Q_{s,t2} + Q_{n,t2} \quad \text{公式7.27}$$

如果两个测试中关闭风阀压差 $\Delta P_{9,5}$ 和风阀处的空气温度( $t_{d1}$ )都相同, 且风阀未出现干涉现象, 亦即风阀相邻部件的间隙和空隙不变, 则两个测试的风阀泄漏相同,  $Q_{d,t1} = Q_{d,t2}$ 。因此, 公式7.26和7.27等同于公式7.28。

$$Q_{s,t1} + Q_{n,t1} = Q_{s,t2} + Q_{n,t2} \quad \text{公式7.28}$$

如果没有系统泄漏, 则 $Q_{s,t1} = Q_{s,t2} = 0$ , 由公式7.28,  $Q_{n,t1} = Q_{n,t2}$ 。此时, 通过风阀的泄漏完全通过喷嘴。由于测试#1和测试#2所用喷嘴或喷嘴组合的直径不同, 合计喉部面积较小的喷嘴或喷嘴组合两侧的压差( $\Delta P_{5,6}$ )较大。

例如，测试#1的关闭风阀上游压力可为1125 Pa (4.5 in. wg)、下游压力为125 Pa (0.5 in. wg)。这就产生了关闭风阀两侧1000 Pa (4 in. wg)的( $\Delta P_{9,5}$ )及喷嘴板两侧125 Pa (0.5 in. wg)的( $\Delta P_{5,6}$ )。测试#2的关闭风阀上游压力可为1375 Pa (5.5 in. wg)、下游压力为375 Pa (1.5 in. wg)。这同样在关闭风阀两侧产生1000 Pa (4 in. wg)的( $\Delta P_{9,5}$ )，但喷嘴板两侧的( $\Delta P_{5,6}$ )则为375 Pa (1.5 in. wg)。

如果存在系统泄漏，相比于测试#1，测试#2中较大的( $\Delta P_{5,6}$ )会导致产生更多的通过系统的泄漏。另外，通过喷嘴的风量，测试#1会比测试#2的大  $Q_{s,t2} - Q_{s,t1}$ ，如变换后的公式7.29所示：

$$Q_{n,t1} - Q_{n,t2} = Q_{s,t2} - Q_{s,t1} \quad \text{公式7.29}$$

测试#1和测试#2的系统泄漏可以由公式7.30和7.31确定。

$$Q_{s,t1} = K_s \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t1}}{\rho_{n,t1}}} \quad \text{公式7.30}$$

$$Q_{s,t2} = K_s \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t2}}{\rho_{n,t2}}} \quad \text{公式7.31}$$

将公式7.32和7.33代入7.31：

$$Q_{n,t1} - Q_{n,t2} = K_s \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t2}}{\rho_{n,t2}}} - K_s \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t1}}{\rho_{n,t1}}} \quad \text{公式7.32}$$

$$Q_{n,t1} - Q_{n,t2} = K_s \left( \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t2}}{\rho_{n,t2}}} - \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t1}}{\rho_{n,t1}}} \right) \quad \text{公式7.33}$$

求解公式7.34得到  $K_s$ ：

$$K_s = \frac{Q_{n,t1} - Q_{n,t2}}{\left( \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t2}}{\rho_{n,t2}}} - \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t1}}{\rho_{n,t1}}} \right)} \quad \text{公式7.34}$$

如果  $K_s < 0$ ，则必须重新测试。然后，可以将计算的  $K_s$  值代入公式7.30，计算测试#1的系统泄漏。

$$Q_{s,t1} = K_s \sqrt{\frac{\Delta P_{n,t1}}{\rho_{n,t1}}} \quad \text{公式7.30 重复}$$

如果系统泄漏为负值且数值小于1 L/s (2 cfm)，则必须将系统泄漏视为零。如果数值大于1 L/s (2 cfm)，必须重新进行泄漏测试。然后可由公式7.26计算得到风阀泄漏。

$$Q_{d,t1} = Q_{s,t1} + Q_{n,t1} \quad \text{公式7.26 重复}$$

## 7.9 热能效

### 7.9.1 热处理室的热传递

热室墙的传热系数可以通过在热室开口处采用替换墙的方法经由测试确定。替换墙的结构必须与热室墙相同，这样替换墙的传热系数( $U_s$ )就等于热室墙的传热系数( $U_c$ )：

$$U_s = U_c \quad \text{公式7.35}$$

在替换墙测试中，热室必须密封，使其不会向外泄漏。这样，替换墙测试的所有能量损失( $q_{t1}$ )都是通过热室和替换墙传导的结果。热室内的总表面积( $A_{t1}$ )是热室墙面积( $A_c$ )和替换墙面积( $A_s$ )的总和：

$$q_{t1} = U_c \times A_{t1} \times \Delta t_{t1} \quad \text{公式7.36}$$

或：

$$U_c = \frac{q_{t1}}{(A_{t1} \times \Delta t_{t1})} \quad \text{公式7.37}$$

其中：

$$\Delta t_{t1} = t_{d9,t1} - t_{d10,t1}$$

### 7.9.2 通过风阀的能量损失

将风阀安装在热室开口中或开口表面进行测试，可以确定通过风阀的能量损失。测试中有两个能量输入源。第一个是电阻加热器 ( $q_{t2}$ ) 的输入。第二个由空气泄漏风室带入热室的能量 ( $q_{L,t2}$ )。来自空气泄漏风室的能量是泄漏测量平面与环境空气 ( $t_{d5}$ ) 之间温差的函数。能量离开热室有两个途径。第一个是通过热室的墙壁 ( $q_{c,t2}$ )，第二个是通过风阀 ( $q_d$ )。由此进行系统的能量平衡的结果：

$$q_{t2} + q_{L,t2} = q_{c,t2} + q_d \quad \text{公式7.38}$$

或：

$$q_d = q_{t2} + q_{L,t2} - q_{c,t2} \quad \text{公式7.39}$$

通过风阀的能量损失可以表示为：

$$q_{c,t2} = U_c \times A_c \times \Delta t_{t2} \quad \text{公式7.40}$$

其中：

$$\Delta t_{t2} = t_{d9,t2} - t_{d10,t2}$$

将公式7.40代入7.39，得到：

$$q_d = q_{t2} + \left( \frac{Q_s \times \Delta t_{d5} \times 1.08}{3.414} \right) - U_c \times A_c \times \Delta t_{t2} \quad \text{公式7.41}$$

如果风阀的泄漏低于4.7 L/s (10 cfm)并且使用气流计测量风阀的泄漏，则对提供给热室的低气流， $\Delta t_{d5}$ 被认为是零。

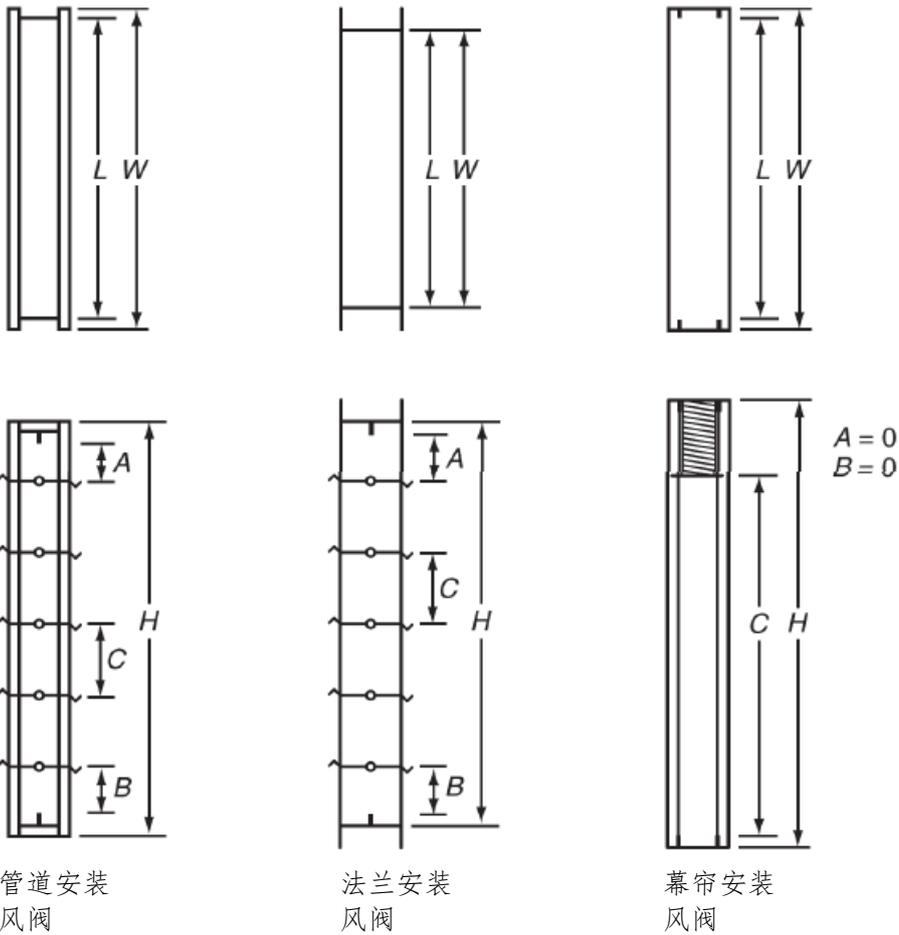
### 7.9.3 热能效比

热能效比(E)是测试风阀热性能( $q_d$ )与标准风阀热性能( $q_{ref}$ )的比较。

$$E = \left( \frac{q_{ref}}{q_d} - 1 \right) \times 100 \quad \text{公式7.42}$$

## 8. 参考文献

1. 基本原理手册2001，表2：湿空气热力学性质，第6章，美国制热、制冷与空调工程师协会，亚特兰大，GA 30329-2305，美国。



设备截面面积 =  $W \times H$

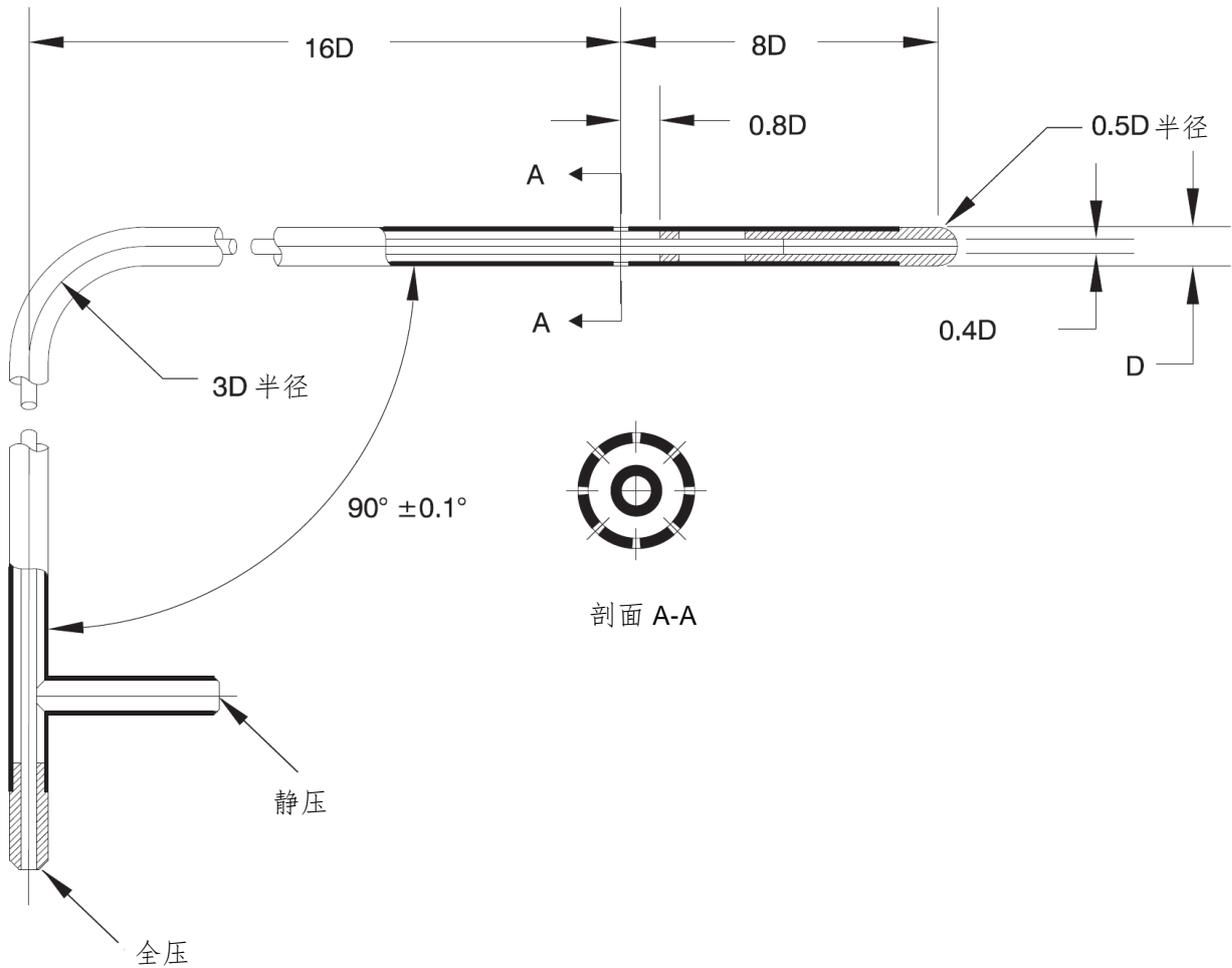
自由面积 =  $L[A + B + (N \times C)]$

自由面积百分比 =  $\frac{L[A+B+(N \times C)]}{W \times H}$

其中：

- A = 头部与叶片顶部之间的最小距离
- B = 门槛与叶片底部之间的最小距离
- C = 相邻叶片之间的最小距离
- N = 风阀上“C”开口的数量
- L = 风阀竖框之间的最小距离
- W = 风阀实际宽度
- H = 风阀实际高度

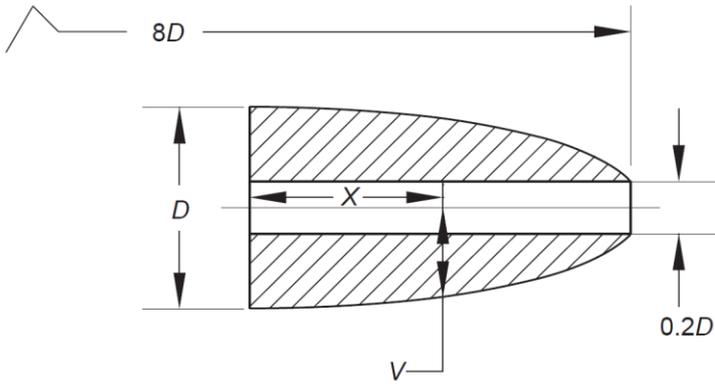
图1 — AMCA自由面积截剖面



注：

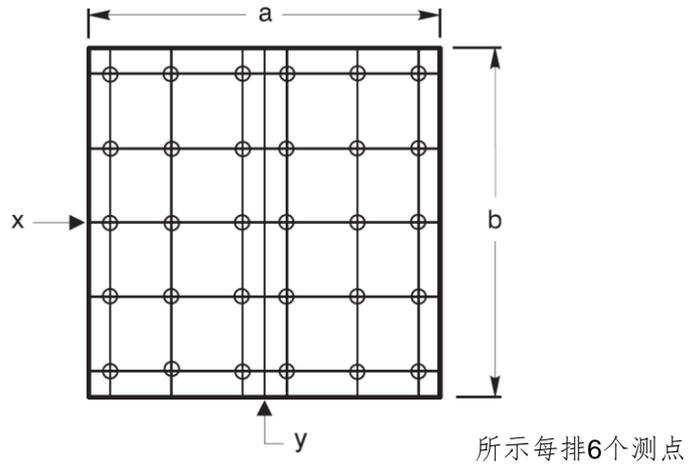
1. 表面粗糙度必须为0.8微米(32 微英寸) 或更好。静压孔直径不超过1 mm (0.04 in.)。本标准允许的最小皮托管的最小管杆径为2.5 mm (0.10 in.)，在任何情况下，杆径不应超过测试风管直径的1/30。
2. 头部必须无刻痕和毛刺。
3. 所有的尺寸必须在 $\pm 2\%$ 内。
4. 剖面A-A显示了8个无毛刺的等距孔。孔的直径必须为 $0.153D$ ，但不超过1mm (0.04 in.)的孔深直径。

图2A — 圆头的皮托静压管



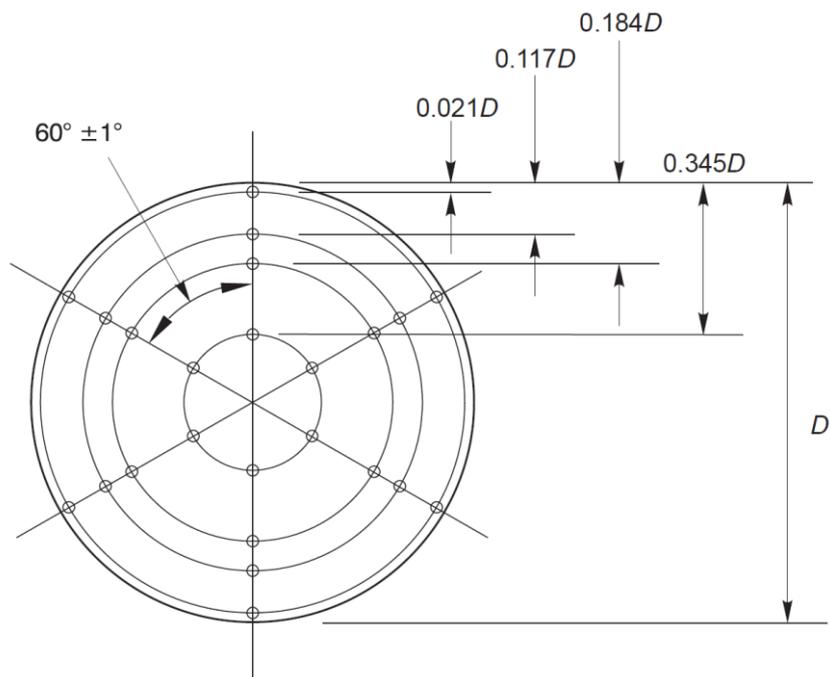
X/D	V/D
0	0.5
0.237	0.496
0.336	0.494
0.474	0.487
0.622	0.477
0.741	0.468
0.936	0.449
1.025	0.436
1.134	0.42
1.228	0.404
1.313	0.388
1.39	0.371
1.442	0.357
1.506	0.343
1.538	0.333
1.57	0.323
1.602	0.314
1.657	0.295
1.698	0.279
1.73	0.266
1.762	0.25
1.796	0.231
1.83	0.211
1.858	0.192
1.875	0.176
1.888	0.163
1.9	0.147
1.91	0.131
1.918	0.118
1.92	0.109
1.921	0.1

图2B — 备用椭圆头的皮托静压管



每条横动线 的测点数	中心线距离 $x/a$ 或 $y/b$			
5	0	$\pm 0.212$	$\pm 0.426$	
6	$\pm 0.063$	$\pm 0.265$	$\pm 0.439$	
7	0	$\pm 0.134$	$\pm 0.297$	$\pm 0.447$

图3A — 对数切比雪夫矩形管道的横动测点

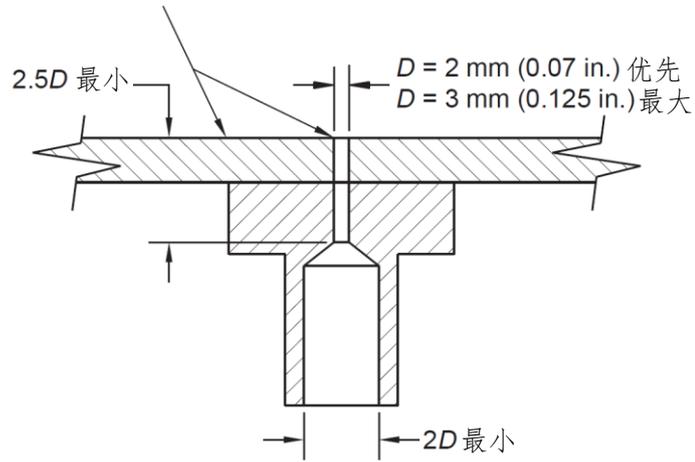


注:

1. 在 $45^\circ$  间隔上取4个测量值并且这些值都必须在平均值的  $0.2\%D$  。
2. 测量管道在测量面处的圆度必须在 $0.5\%D$ 或 $1.5\text{ mm}$  ( $1/16\text{ in.}$ )以内，取较大值，且在测量面的任何一边 $0.5D$  的距离。
3. 所有皮托管的位置相对于管道内壁的偏差为 $\pm 0.0025D$ 。

图3B — 对数线性圆形管道的测点

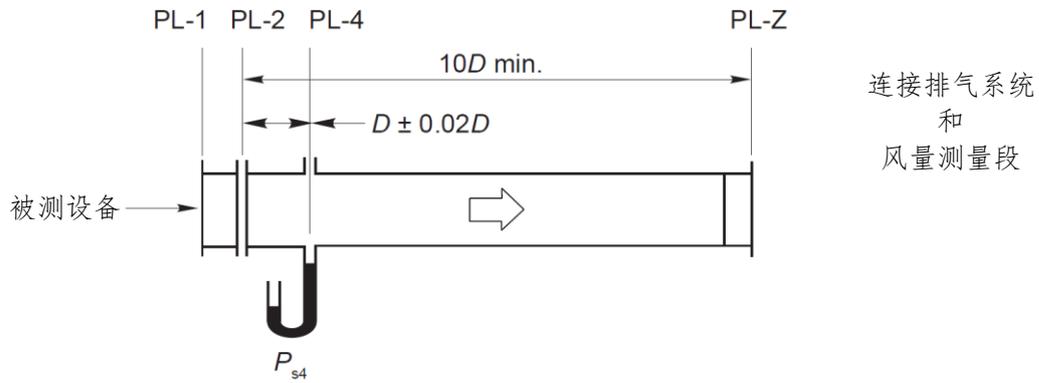
表面必须光滑，并且孔的 $20D$ 内必须平齐。孔边缘必须与风道内表面垂直且无毛刺。



连接压力计

注：孔径 $2 \text{ mm (0.07 in.)}$ 为最大尺寸，当距离分隔墙 $38 \text{ mm (1.5 in.)}$ 安装时，可以使孔 $20D$ 内的空间为光滑表面，如在测试示图6.3、6.4和6.5。

图4 — 静压测孔



对于矩形管道

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$$

其中：

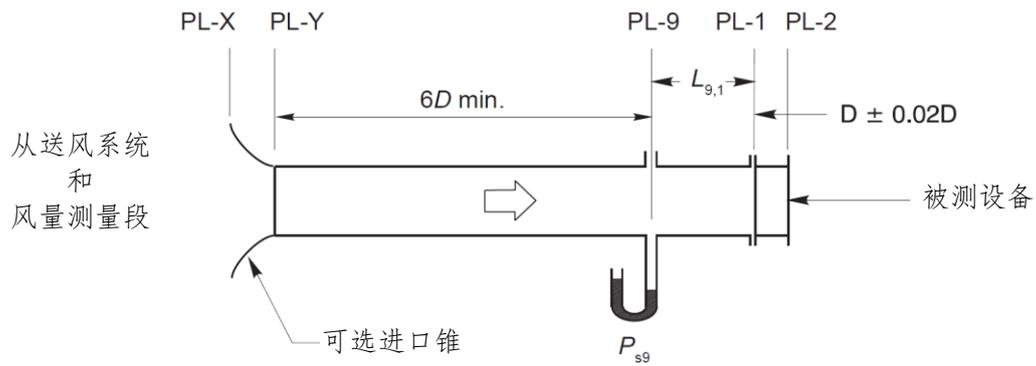
a = 管道宽度

b = 管道高度

对于圆形管道

D = 管道直径

测试示图5.1 —带有出口管道的测试风阀装置



对于矩形管道

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$$

其中：

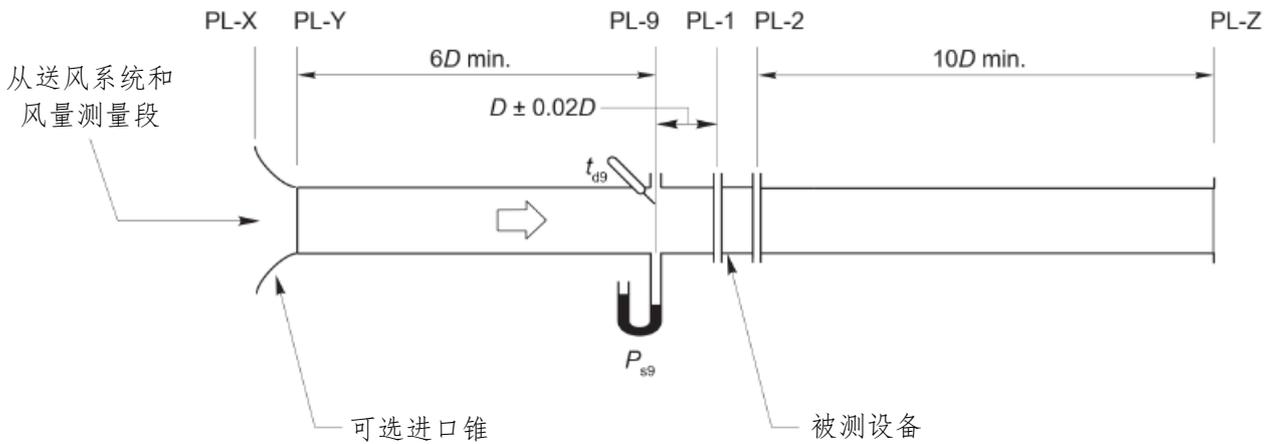
a = 管道宽度

b = 管道高度

对于圆形管道

D = 管道直径

测试示图5.2 —带有进口管道的测试风阀装置



对于矩形管道

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$$

其中：

a = 管道宽度

b = 管道高度

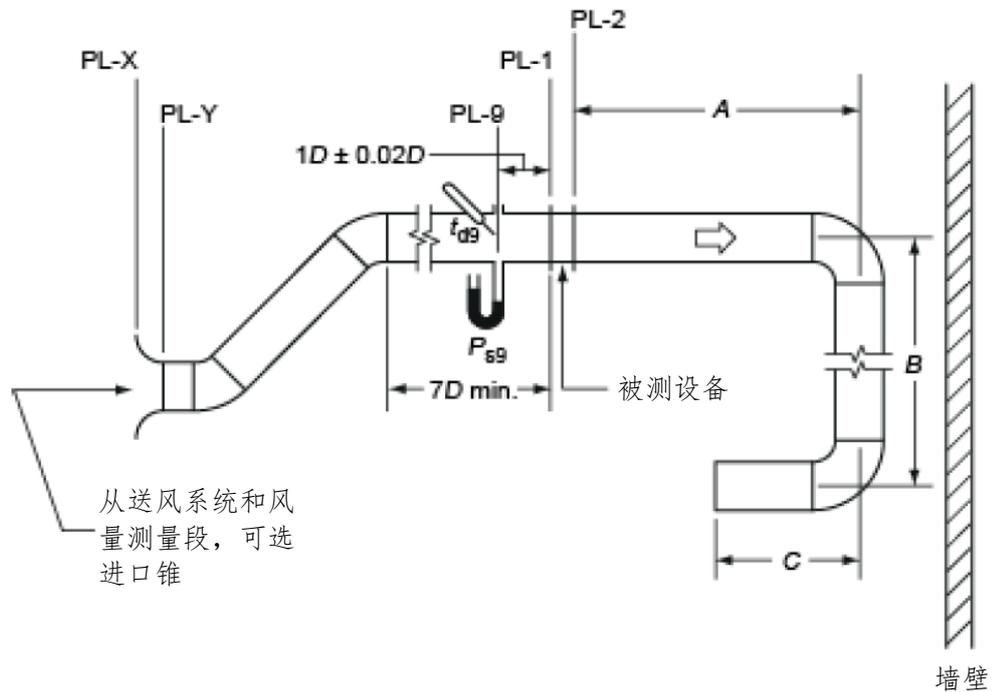
对于圆形管道

D = 管道直径

注：

1. 只要任何壁面上的堵塞率最多不超过15%，管道面积堵塞率小于30%的单叶或多叶风阀在测试时，平面9上游最小可以为4D和平面2下游最小可以为6D。管道面积的堵塞百分比必须定义为管道尺寸范围内诸如框架部件、止推件等，但不含叶片的这些物体的投影面积，占管道总截面面积的百分比。
2. 只要任何壁面上的堵塞率最多不超过15%，管道面积堵塞率小于30%的幕帘式风阀在测试时，平面9上游最小可以为4D和平面2的下游最小可以为6D。管道面积的堵塞百分比必须定义为管道尺寸范围内诸如框架部件、止推件、叶片等所有物体的投影面积，占管道总截面面积的百分比。

测试图示5.3 —带有进口和出口管道的测试风阀装置



对于矩形管道

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$$

其中：

a = 管道宽度

b = 管道高度

对于圆形管道

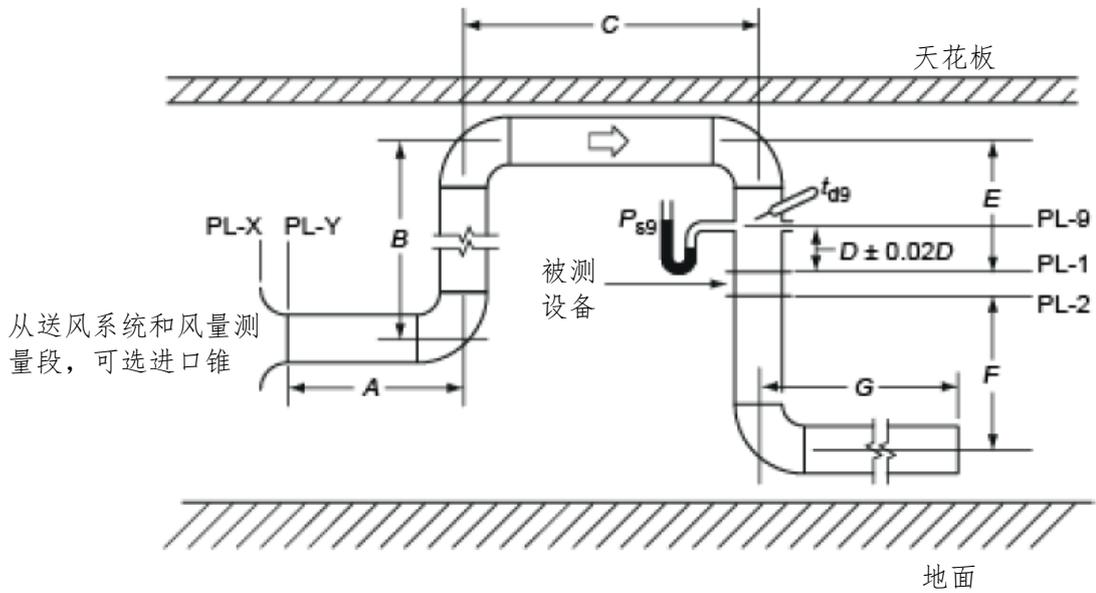
D = 管道直径

注：

1. 不允许被测风阀下游使用超过2个90°弯管。
2. 下游弯管必须尽可能远离被测风阀，并至少距离1D。
3. 矩形弯管必须按照SMACNA HVAC系统管道设计，3<sup>rd</sup> ed., 1990，表14-10.F的光滑半径构造，中心线半径必须大于等于1.5D。圆形弯管必须具有光滑半径或3至5段式，按照 SMACNA HVAC系统管道设计，3<sup>rd</sup> ed., 1990，表14-10，A或B构造，中心线半径为1.5D。
4. 可以使用导流叶片来改善通过弯管的速度分布。
5. A + B + C必须大于10D。
6. 进口锥是可选的。

测试示图5.3A 一帶有进口和出口管道的备用测试风阀装置：垂直风阀





对于矩形管道

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$$

其中：

a = 管道宽度

b = 管道高度

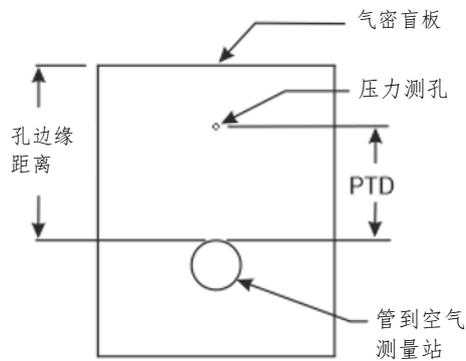
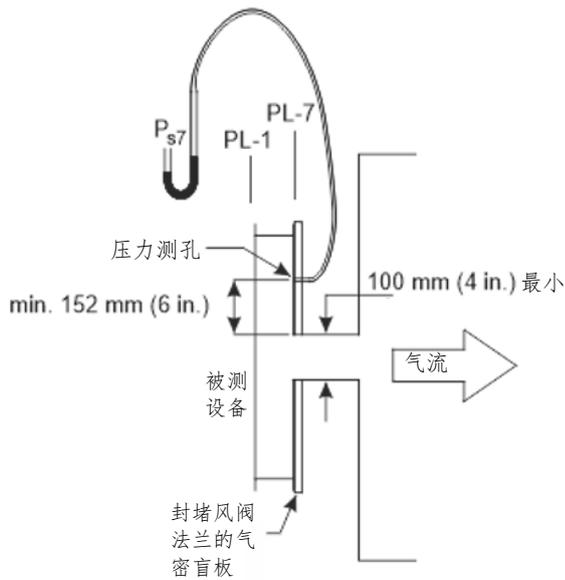
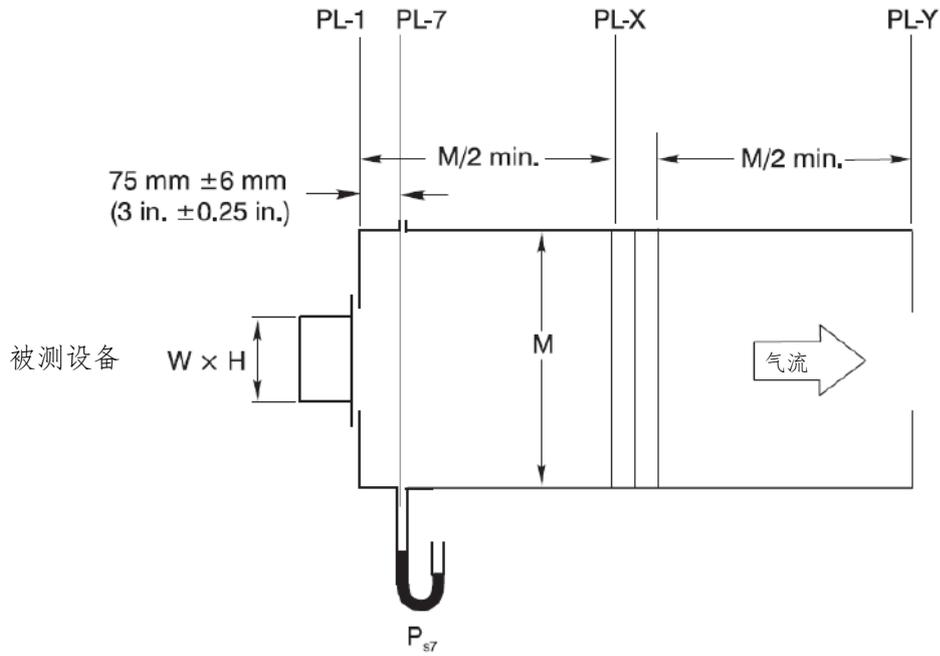
对于圆形管道

D = 管道直径

注：

1. 上游7倍直径可以包含3个弯管，最近的位置尽可能远离被测风阀。
2. 下游10倍直径可根据需要使用弯管。
3. 矩形弯管必须按照SMACNA HVAC系统管道设计，3<sup>rd</sup> ed., 1990，表14-10.F的光滑半径构造，中心线半径必须大于等于1.5D。圆形弯管必须具有光滑半径或3至5段式，按照 SMACNA HVAC系统管道设计，3<sup>rd</sup> ed., 1990，表14-10，A或B构造，中心线半径为1.5D。
4. 可以使用导流叶片来改善通过弯管的速度分布。
5.  $A + B + C + E \geq$  至少7D
6.  $F + G \geq$  至少10D
7. 进口锥是可选的。

测试示图5.3C —带有进口和出口管道的备用测试风阀装置：水平风阀

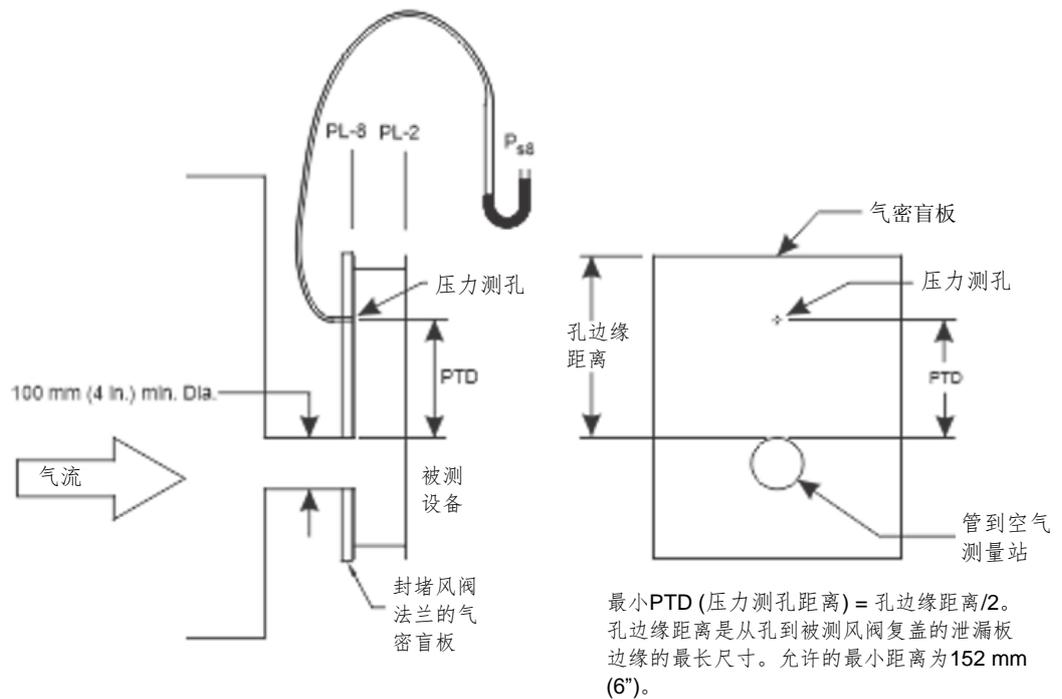
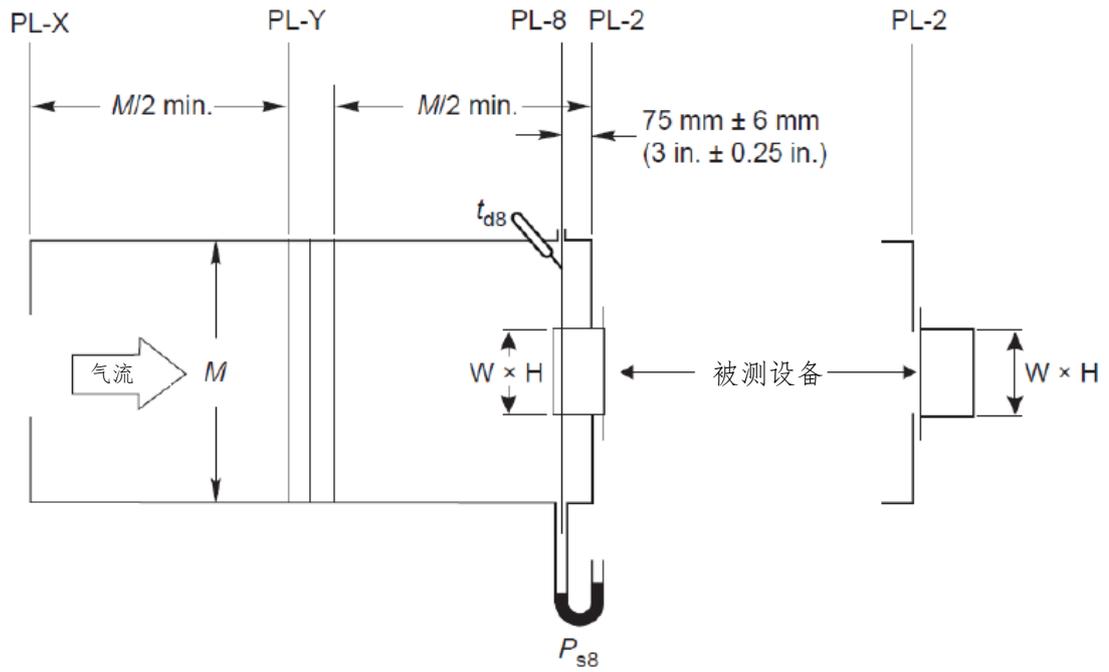


最小PTD (压力测孔距离) = 孔边缘距离/2。  
 孔边缘距离是从孔到被测风阀复盖的泄漏板边缘的最长尺寸。允许的最小距离为152 mm (6")。

**备用安装  
 (仅用于泄漏测试)**

注：对于压降测试，出气风室的横截面积必须至少为被测风阀的自由面积的15倍。

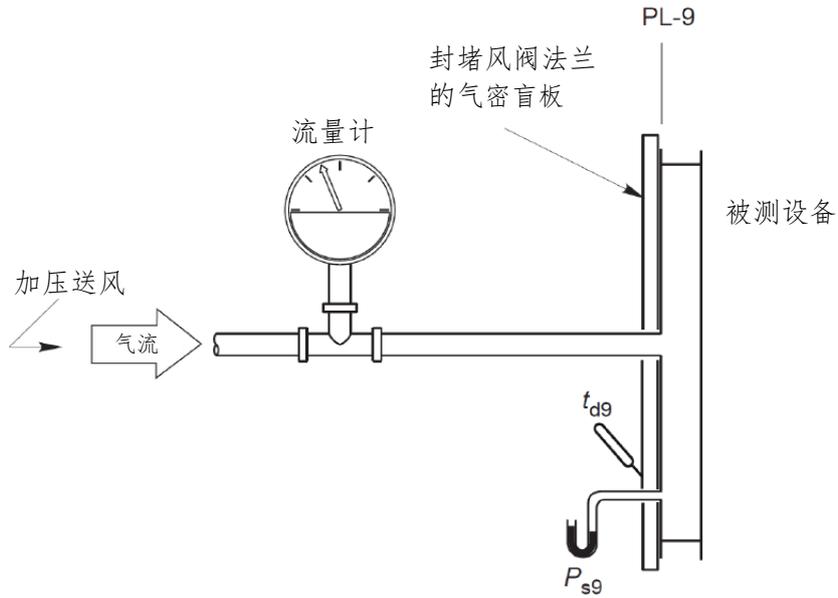
测试图示图5.4 — 出气风室的测试风阀装置



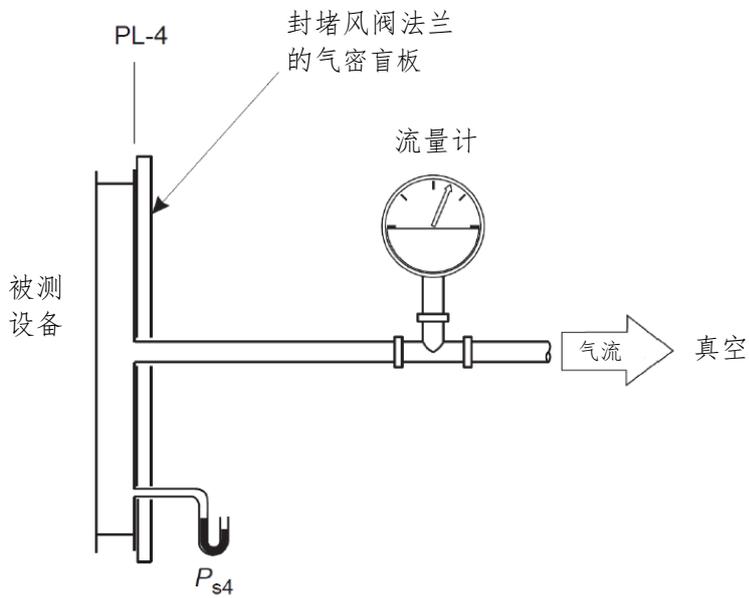
**备用安装  
(仅用于泄漏测试)**

**注：**对于压降测试，进气风室的横截面积必须至少为被测风阀的自由面积的3倍。

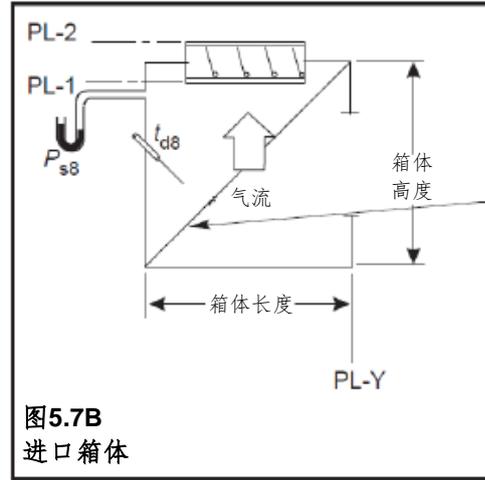
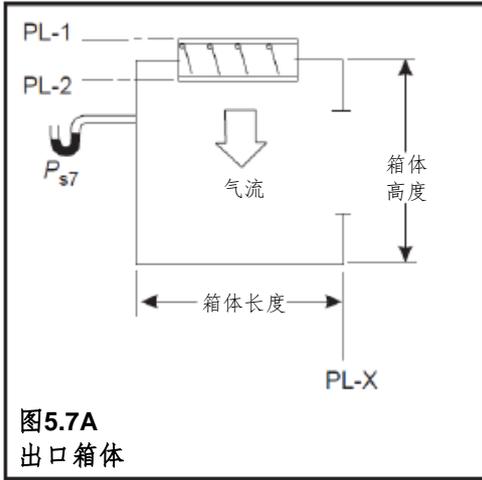
**测试示图5.5 — 进气风室的测试风阀装置**



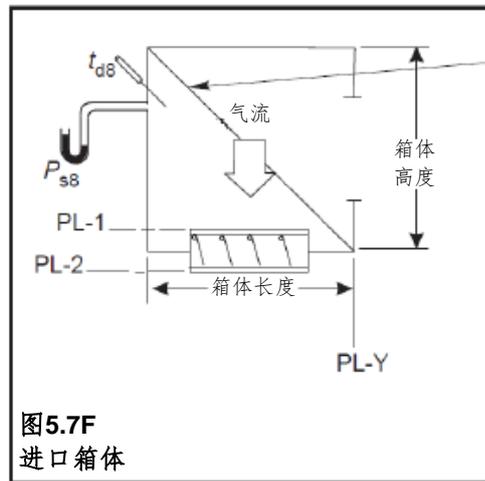
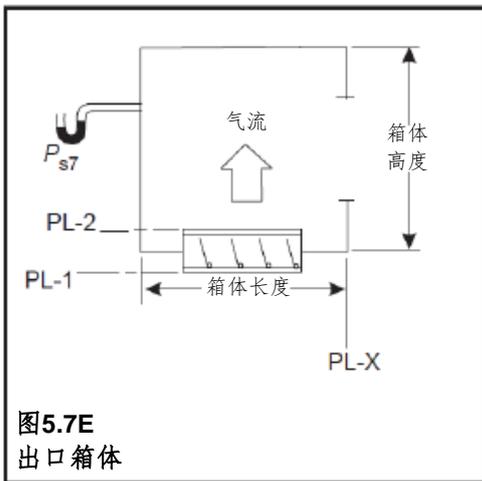
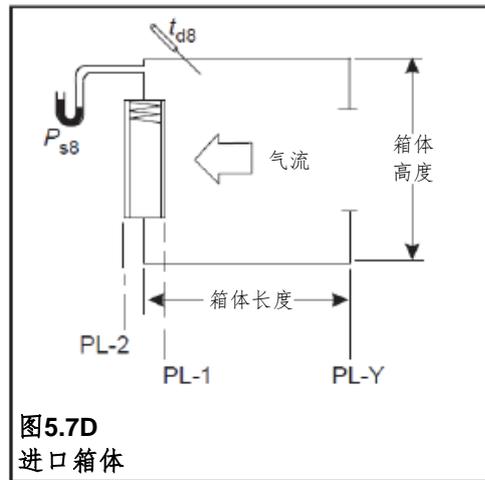
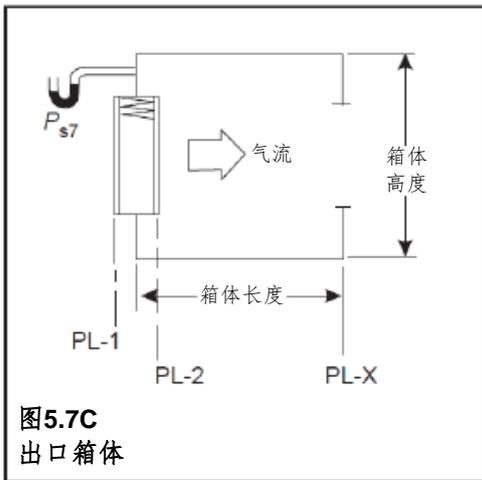
测试示图5.6A — 测试风阀装置—正压下的风阀泄漏测试



测试示图5.6B — 测试风阀装置—负压下的风阀泄漏测试



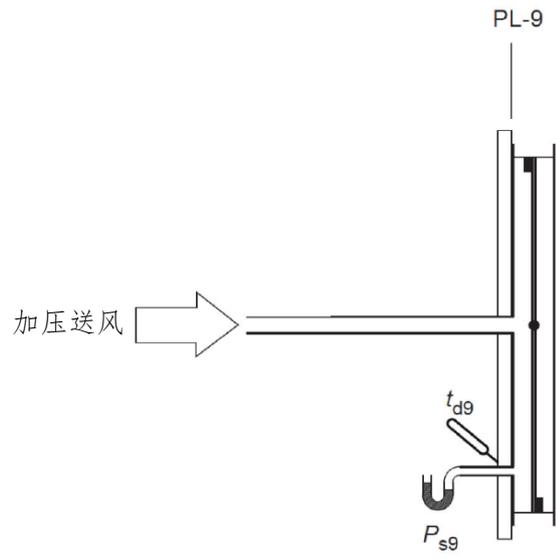
自由面积  
最多30%  
的网筛



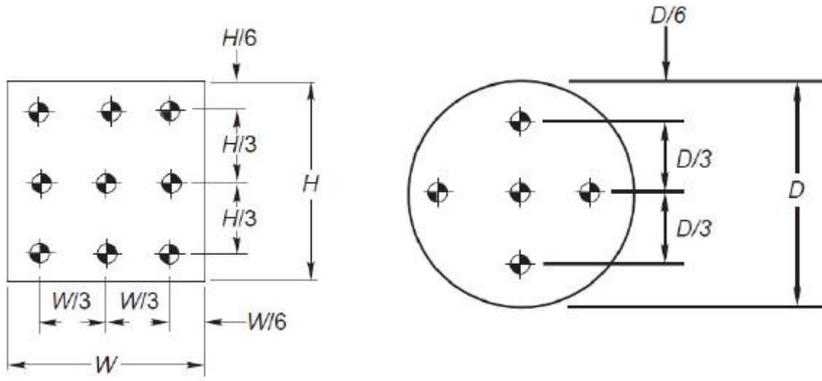
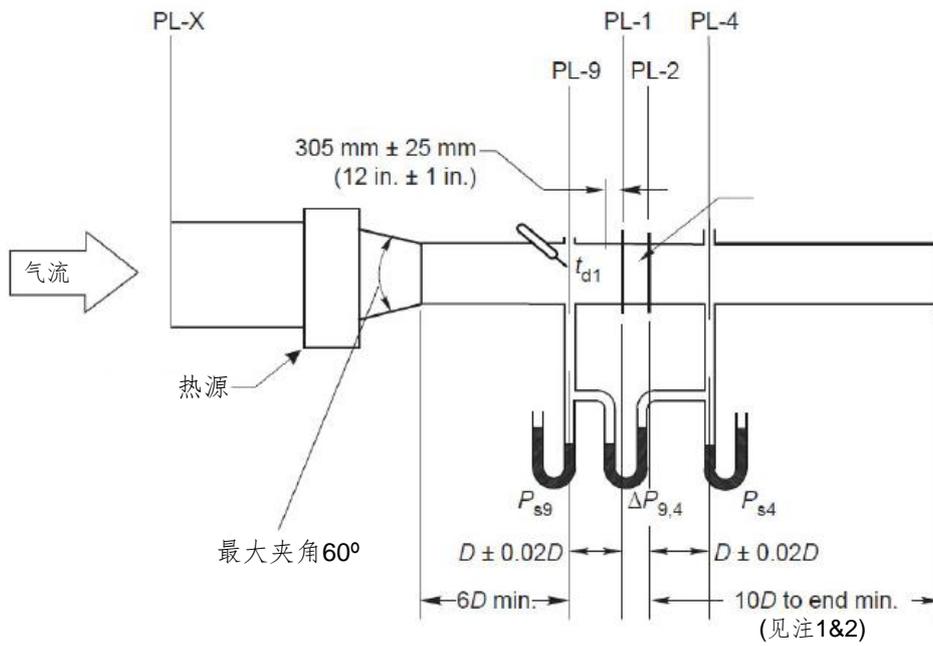
自由面积  
最多30%  
的网筛

注: 对于压降测试, 箱体尺寸必须在四面至少大于测试风阀305 mm (12 in.)。箱体高度必须不小于箱体长度。

测试示图5.7 — 带有箱体的测试风阀装置



测试示图5.8 — 气泡测试装置



温度  $t_{d1}$  的测量位置

对于矩形管道

$$D = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$$

其中：  
 a = 管道宽度  
 b = 管道高度

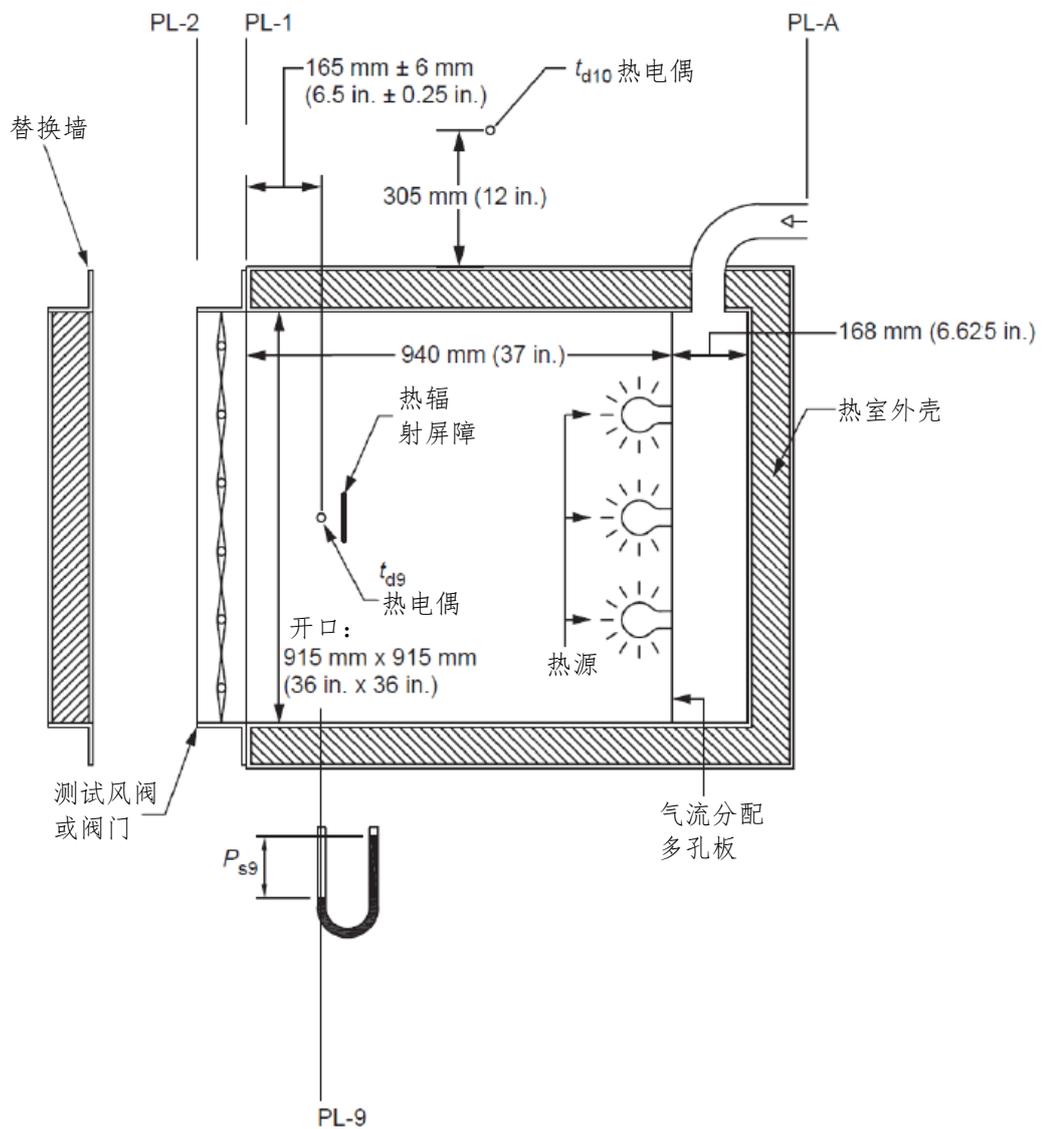
对于圆形管道

D = 管道直径

注:

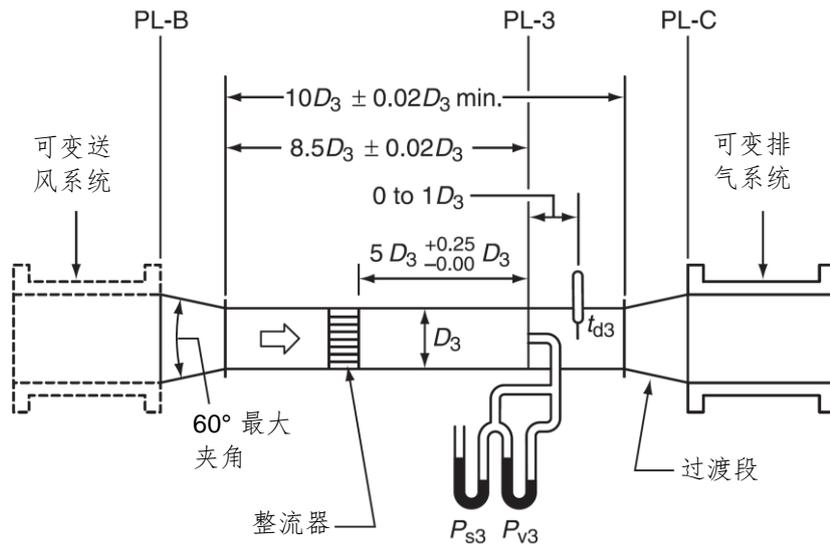
1. 只要任何壁面上的堵塞率最多不超过15%，管道面积堵塞率小于30%的单叶或多叶风阀在测试时，平面9上游最小可以为4D和平面2下游最小可以为6D。管道面积的堵塞百分比必须定义为管道尺寸范围内诸如框架部件、止推件等，但不含叶片的这些物体的投影面积，占管道总截面面积的百分比。
2. 只要任何壁面上的堵塞率最多不超过15%，管道面积堵塞率小于30%的幕帘式风阀在测试时，平面9上游最小可以为4D和平面2的下游最小可以为6D。管道面积的堵塞百分比必须定义为管道尺寸范围内诸如框架部件、止推件、叶片等所有物体的投影面积，占管道总截面面积的百分比。

### 测试示图5.9 — 高温系统装置



注: 墙体为两层隔热结构, 每层的 $R$ 值为10。

测试示图5.10—热能效测试装置



$$P_{v3} = \left( \frac{\sum \sqrt{P_{v3r}}}{n} \right)^2$$

SI 公式

$$V_3 = \sqrt{\frac{2P_{v3}}{\rho_3}}$$

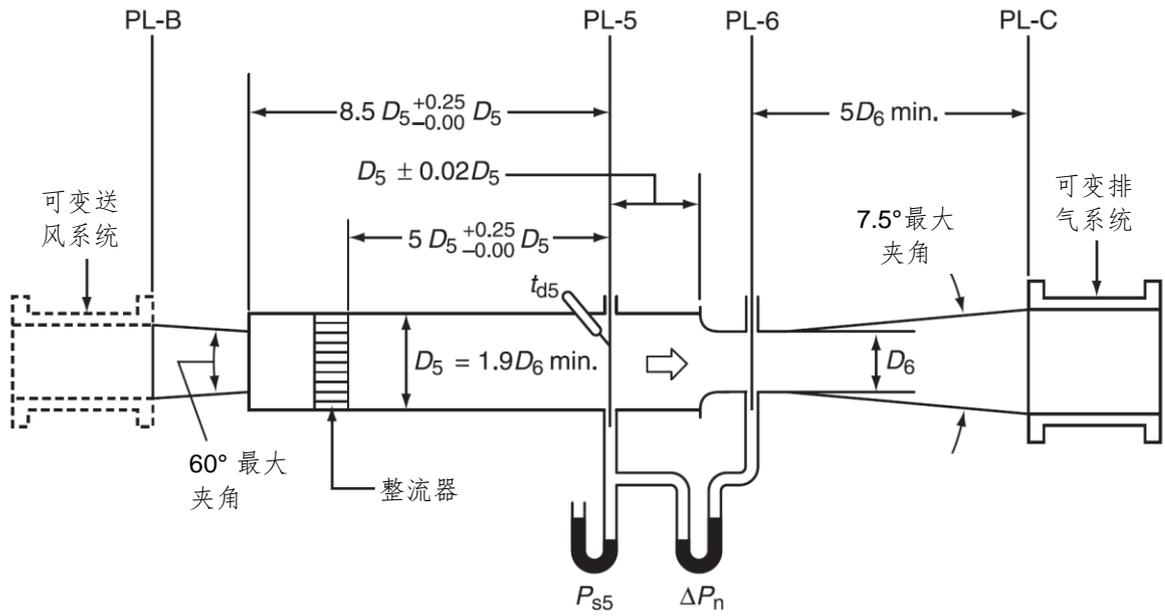
$$Q_3 = V_3 A_3$$

$$Q = Q_3 \left( \frac{\rho_3}{\rho} \right)$$

I-P 公式

$$V_3 = 1097.8 \sqrt{\frac{P_3}{\rho_3}}$$

测试示图6.1 — 风量测量装置：管道内皮托管



SI 公式

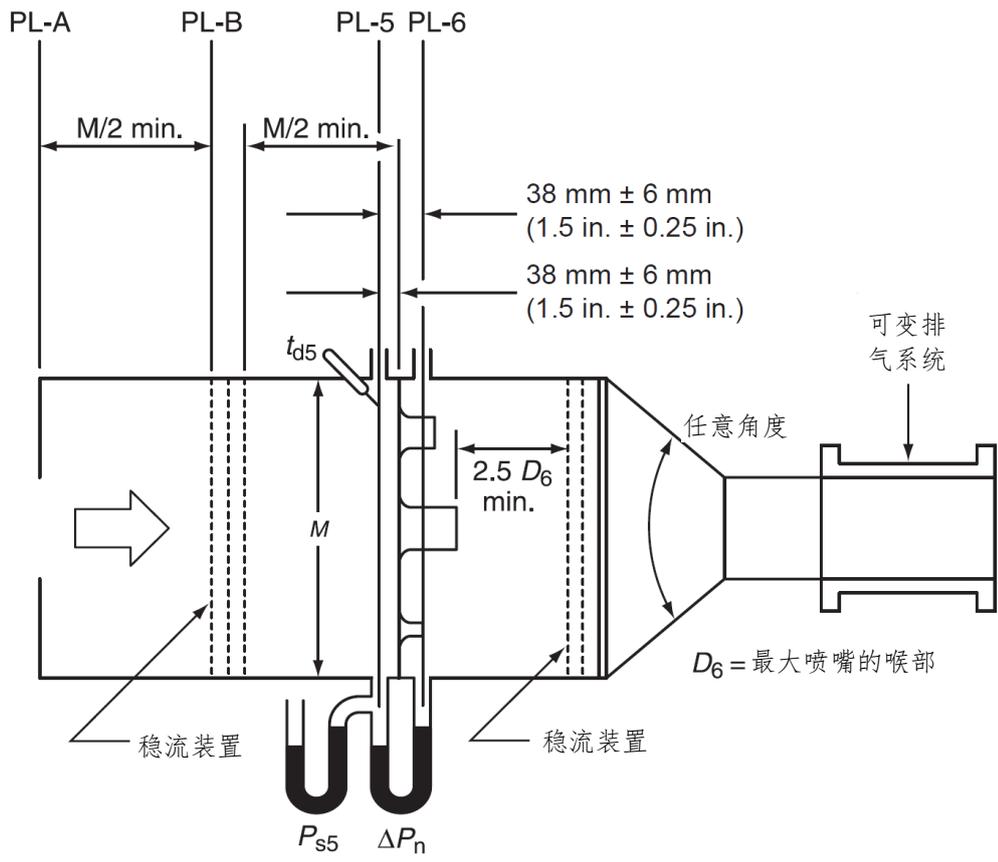
$$Q_5 = \frac{CA_6 Y \sqrt{\frac{2\Delta P_n}{\rho_5}}}{\sqrt{1-E\beta^4}}$$

$$Q = Q_5 \left( \frac{\rho_5}{\rho} \right)$$

I-P 公式

$$Q_5 = \frac{1097.8 CA_6 Y \sqrt{\frac{\Delta P_n}{\rho_5}}}{\sqrt{1-E\beta^4}}$$

测试示图6.2 — 风量测量装置：管道末端喷嘴



SI 公式

$$Q_5 = Y \sqrt{\frac{2\Delta P_n}{\rho_5}} \Sigma(CA_6)$$

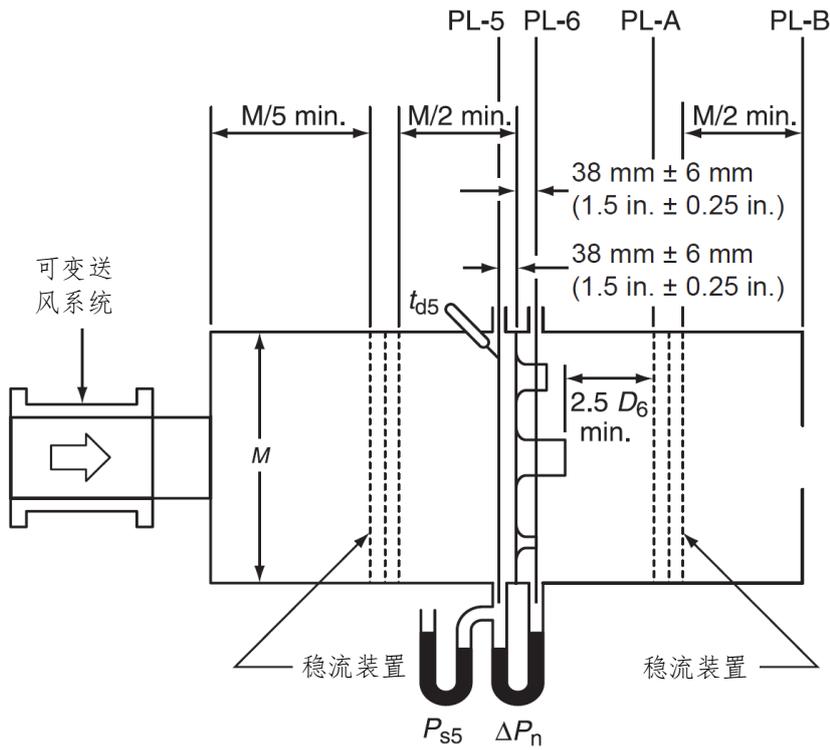
$$Q = Q_5 \left(\frac{\rho_5}{\rho}\right)$$

I-P 公式

$$Q_5 = 1097Y \sqrt{\frac{\Delta P_n}{\rho_5}} \Sigma(CA_6)$$

测试示图6.3 — 风量测量装置：风机进口多喷嘴风室





$D_6 =$  最大喷嘴的喉部

**SI 公式**

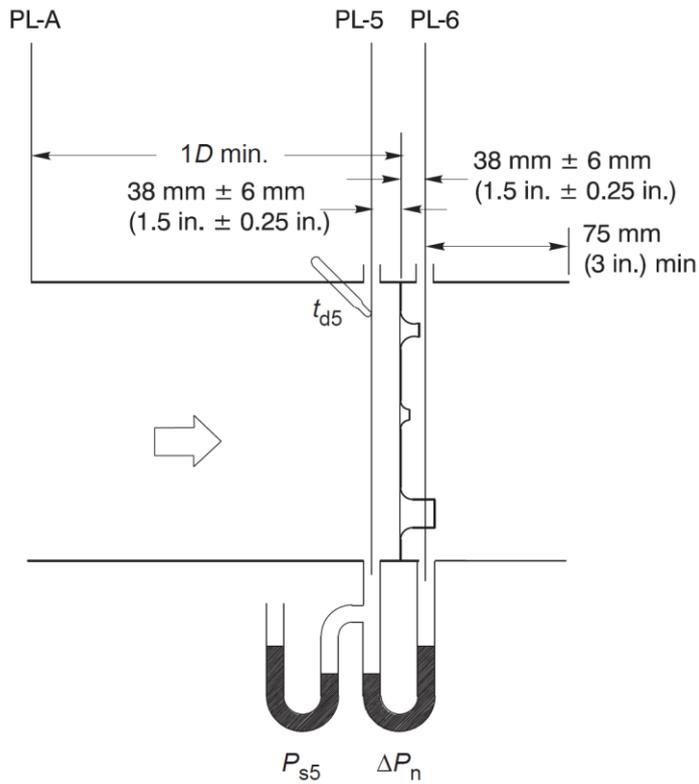
$$Q_5 = Y \sqrt{\frac{2\Delta P_n}{\rho_5}} \Sigma(CA_6)$$

**I-P 公式**

$$Q_5 = 1097Y \sqrt{\frac{\Delta P_n}{\rho_5}} \Sigma(CA_6)$$

$$Q = Q_5 \left( \frac{\rho_5}{\rho} \right)$$

测试示图6.5—风量测量装置：风机出口多喷嘴风室



**SI 公式**

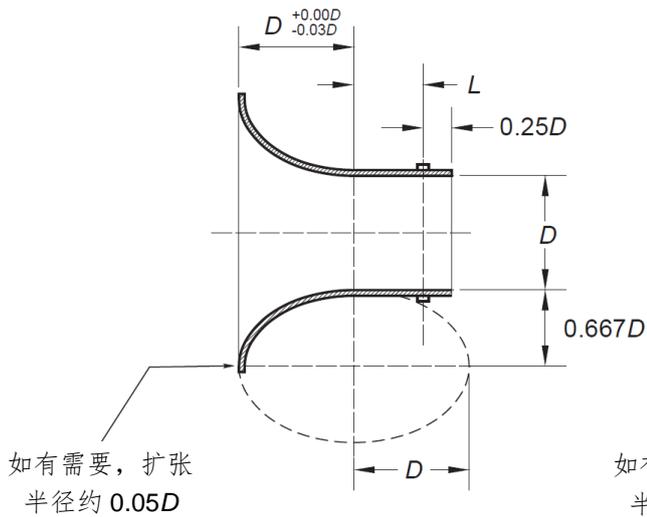
$$Q_5 = Y \sqrt{\frac{2\Delta P_n}{\rho_5}} \Sigma(CA_6)$$

$$Q = Q_5 \left( \frac{\rho_5}{\rho} \right)$$

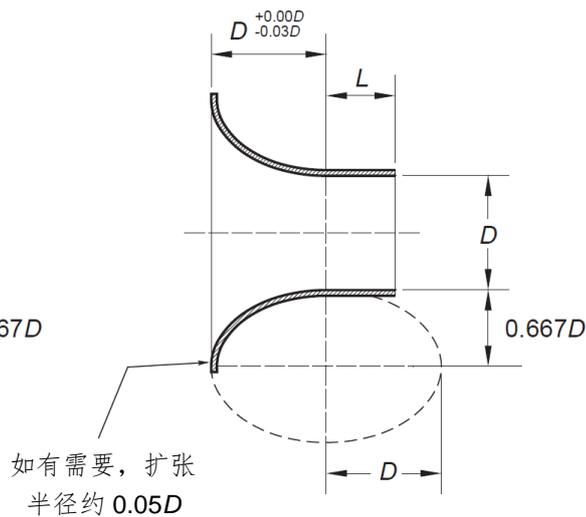
**I-P 公式**

$$Q_5 = 1097.8Y \sqrt{\frac{\Delta P_n}{\rho_5}} \Sigma(CA_6)$$

测试示图6.6 — 泄漏风室



带喉部测孔的喷嘴



无带喉部测孔的喷嘴

注:

1. 喷嘴必须有一个由椭圆形和圆柱形部分的横截面, 如图所示。圆柱形的部分被定义为喷嘴喉部。
2. 椭圆形横截面部分是1/4个椭圆, 具有大轴  $D$  和  $0.667D$  小轴。使用三个半径近似成椭圆, 在任何点法线方向与标准椭圆形相差不大于  $1.5\%D$ 。相邻的弧, 以及作为最后的弧线, 将顺利会合并融入喷嘴喉部。符合这些要求的推荐近似值显示在1992年6月16日由John Cermak's 报告给AMCA 210/ASHRAE 51委员会的图4B中。
3. 喷嘴喉部尺寸( $L$ )必须为  $0.6D \pm 0.005D$  (推荐), 或  $0.5D \pm 0.005D$ 。
4. 喷嘴喉部必须在椭圆短轴和喷嘴出口处测量(达到  $0.001D$  的精度)。在每一个地方, 四个直径, 约  $45^\circ$  的分隔, 必须在平均值的  $\pm 0.002D$  之内。在喉部入口处, 平均值可能比  $0.002D$  大, 但不小于喷嘴出口的平均值。
5. 从喷嘴进口到喷嘴出口的气流方向的喷嘴表面必须相当光滑以致直尺在其表面没有刮碰并且表面局部凸起。峰-峰值, 必须不大于  $0.001D$ 。喷嘴出口边缘必须是直角锐边, 且没有毛刺、刻痕或倒圆。
6. 在一个风室内, 允许使用上面显示的任一喷嘴类型。当排气口直接与管道连接时, 必须采用喉部有测孔的喷嘴, 且喷嘴出口采用法兰连接。
7. 一喉部有测孔的喷嘴必须有四个这样的测孔, 符合图 2A, 位于  $90^\circ \pm 2^\circ$  的间隔位置。所有四个测孔必须连接到一个测压环。

图 7A—喷嘴

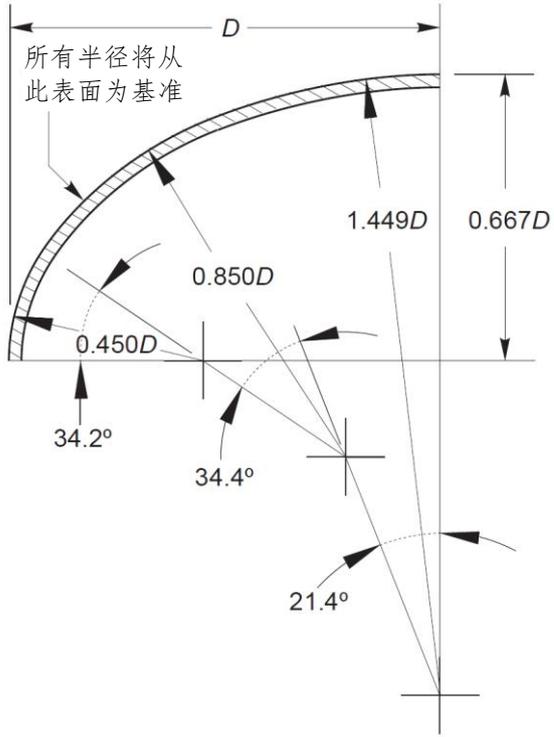


图 7B—三弧概算出的椭圆喷嘴

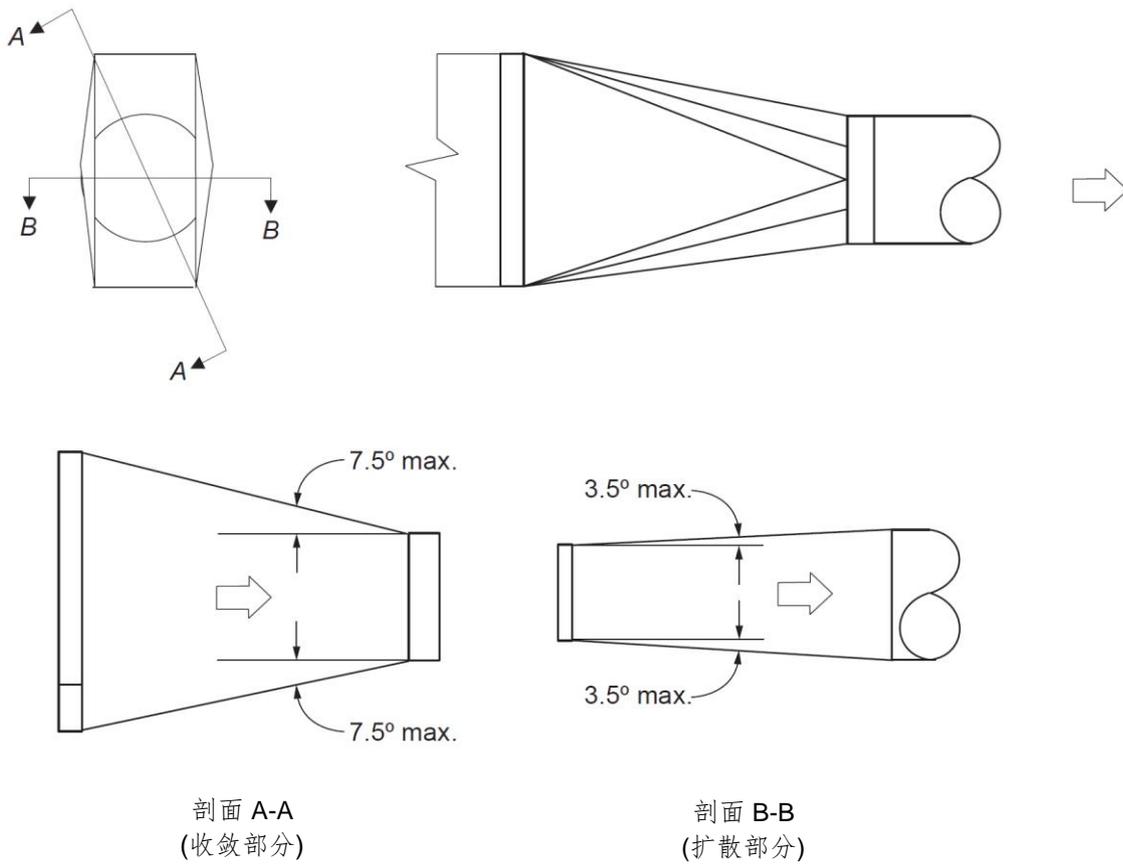


图 8 — 过渡段

所有尺寸的偏差必须在 $\pm 0.005D$ 之内，  
除了 $y$ ，其偏差可以超过 $0.005D$

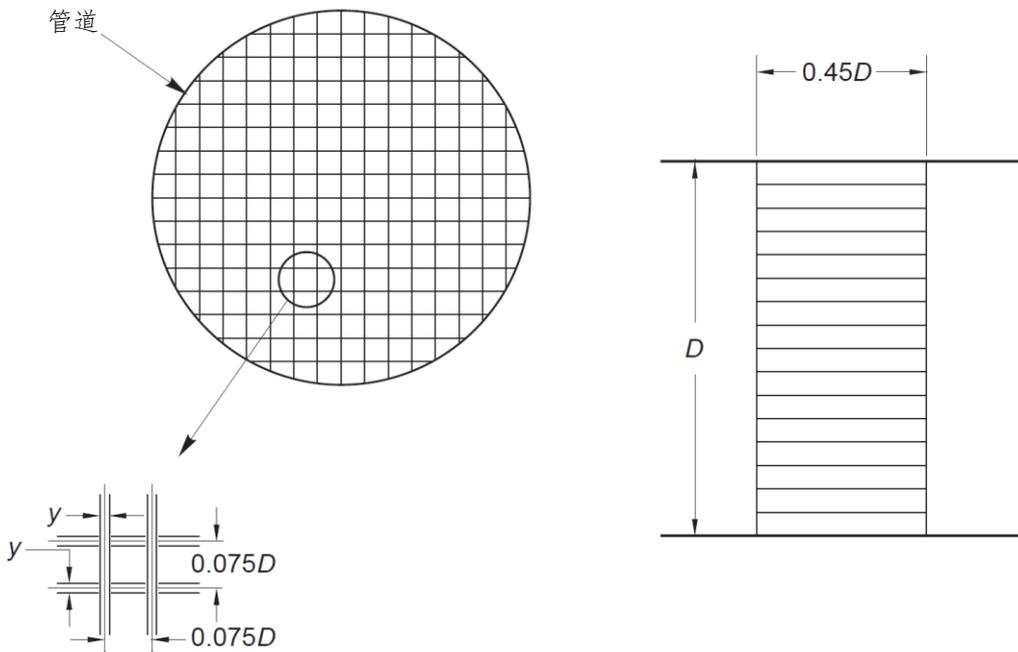
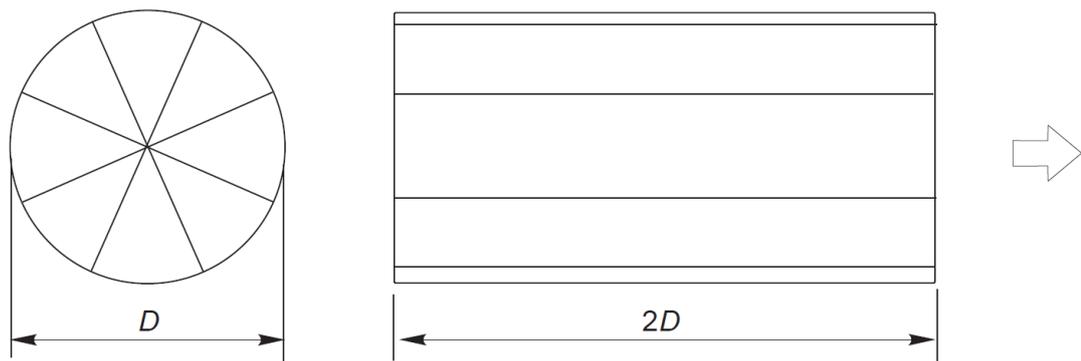


图9A — 方格稳流装置



注：星型稳流装置带有8个均等距离排列的径向叶片，叶片厚度不得超过 $0.007D$ 。

图9B — 星型稳流装置

## 附录 A

### 用于额定值的空气性能结果的表示(资讯)

#### A.1 额定空气性能—压降

##### A.1.1 概述

为了公布额定值，允许从测试数据进行外推。由外推得到的曲线部分必须以虚线绘制，并与相邻曲线部分平滑延续。向上或向下进行的静压降外推，均不应超过测试范围的50%。

##### A.1.2 风阀

空气性能测试的结果表示必须以标准空气下风阀压降Pa (in. wg)与自由面积风速(m/s [fpm]) 进行声明。

#### A.2 额定空气泄漏

对于管内或墙式安装，空气泄漏测试的结果表示必须为标准空气下风阀压差(SI制为Pa； I-P制为in. wg)与每平方米(平方英尺)风阀或百叶面积的风量之间进行声明。面积按照以下简图所示安装方法予以确定。结果必须包括专门保持风阀关闭的固定扭矩及气流方向的声明。

## 附录 B

### 参考文献(资讯, 除非另有说明表示)

- 1 ASTM SI10-10. IEEE/ASTM SI 10 American National Standard for Metric Practice. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2001.
- 2 *ibid*, p. 19.
- 3 Steam Tables. New York: ASME, 1967. p. 283
- 4 Standard Measurement Guide — Engineering Analysis of Experimental Data. ASHRAE Standard 41. p. 5-75. Atlanta: ASHRAE, 1975.
- 5 Folsom, R. G. "Review of the Pitot Tube." IP-142, 1955. Madison: University of Michigan, 1955.
- 6 "Supplementary Notes on Pressure Tappings." ISO/TC 117/SC 1/WG 2 (U.K. 4) 1969. Geneva: ISO, 1969.
- 7 Bohanon, H.R. "Air Flow Measurement Velocities." Memorandum Reports to ANSI/AMCA Standard 210/ANSI/ASHRAE Standard 51P Committee, April 18, 1973. Arlington Hts., IL: AMCA, 1973.
- 8 Winternitz, F.A.L. and Fischal, S.F. "A Simplified Integration Technique for Pipe Flow Measurement." *Water Power*. Vol. 9, No. 6. June 1957. p. 225-234.
- 9 Brown, N. "A Mathematical Evaluation of Pitot Tube Traverse Methods." Technical Paper No. 2335. Atlanta:ASHRAE, 1975.
- 10 Bohanon, H. R. "Fan Test Chamber-Nozzle Coefficients." ASHRAE Technical Paper No. 2334. Atlanta: ASHRAE, 1975.
- 11 Bohanon, H.R. "Laboratory Fan Test: Error Analysis." ASHRAE Technical Paper No. 2332. Atlanta:ASHRAE, 1975.
- 12 Instruments and Apparatus, Pressure Measurement. ASME PTC 19.2-2004. New York: ASME, 2004.
- 13 Report on Measurements Made on the Downstream Side of a Fan with Duct Connection. ISO/TC 117 SC1/WG 1 (Denmark-4) 46E. Geneva: ISO, 1971.
- 14 Whitaker, J., Bean, P.G., and Hay, E. "Measurement of Losses Across Multi-Cell Flow Straighteners." NEL Report No. 46 1. July, 1970. East Kilbride, Scotland: NEL, 1970.
- 15 Bhatt, P., Behls, H., and McCabe, F. "Validation of the Leakage Test Method for Smoke Dampers." Arlington Hts., IL: AMCA, 1998.
- 16 Helander, L. "Psychrometric Equations for the Partial Vapor Pressure and the Density of Moist Air." Report to ANSI/AMCA Standard 210/ANSI/ASHRAE Standard 51P Committee. November 1, 1974. Arlington Hts., IL: AMCA, 1974.
- 17 Helander, L. "Viscosity of Air." Memorandum Report to ANSI/AMCA Standard 210/ANSI/ASHRAE Standard 51P Committee. January 11, 1973. Arlington Hts., IL: AMCA, 1973.
- 18 Measurement of Fluid Flow by Means of Pressure Differential Devices Inserted in Circular Cross-Section Conduits Running Full. ISO 5167:2003. Geneva: ISO, 2003.
- 19 Handbook of Fundamentals. "Weight of Air Tables." Chapter 6. Atlanta: ASHRAE, 2009.
- 20 ASHRAE 120-17, Method of Testing to Determine Flow Resistance of HVAC Ducts and Fittings. (Normative reference)

## 附录 C

### 其它风阀信息(资讯)

有关调节风阀调节控制特性的进一步信息，见AMCA出版物502以和专著 *Damper and Airflow Control*，作者为Laurence G. Felker和Travis L. Felker。

关于确定风阀热能效及风阀测试样品规格的方法，见AMCA出版物511中的描述。

AMCA出版物511包含用于认证空气泄漏和气流性能的风阀测试样品的规格。



## 资源

### AMCA 会员资料

[www.amca.org/members/members.php](http://www.amca.org/members/members.php)

### AMCA 国际总部和实验室

[www.amca.org](http://www.amca.org)

### AMCA 白皮书

[www.amca.org/whitepapers](http://www.amca.org/whitepapers)

### AMCA 认证产品

[www.amca.org/certified-listed/cpsearch.php](http://www.amca.org/certified-listed/cpsearch.php)

## 浏览 AMCA 网购平台

AMCA 现已通过 AMCA 网购平台提供其出版物和标准。选择的任何文档都会显示免费或付费 PDF 版的选项，以及在适用的情况下、付费打印版、红线文件、多用户许可和 PDF + 打印版。会员可登入 [amca.org/login](http://amca.org/login) 或点击 AMCA 网站内的 [amca.org/login](http://amca.org/login) 获得会员享有的 50% 折扣。有关 AMCA 出版物和标准的更多信息，请浏览 [www.amca.org/store](http://www.amca.org/store)。



## Air Movement and Control Association International

### AMCA 总部

30 W. University Drive, Arlington Heights, IL 60004-1893, USA

[communications@amca.org](mailto:communications@amca.org) | Ph: +1-847-394-0150 | [www.amca.org](http://www.amca.org)

空气运动与控制协会是世界空气系统设备制造的非盈利性协会，列如风机、百叶窗、风阀、空气幕、风量测量器、声学消音器和其他工业和商业用途的空气系统组件。