

通风机空气动力性能试验方法

Test methods of aerodynamic performance for fans

1 引言

1.1 本标准适用于在制造厂试验台上,以空气为介质,对离心式和轴流式通风机(以下称通风机)进行空气动力性能试验。本标准亦适用通风机系列模型空气动力性能试验。

1.2 通过试验和计算确定通风机在标准进气状态下的空气动力性能参数试验量:

- a. 通风机的进口容积流量;
- b. 通风机全压和静压;
- c. 通风机的轴功率或内功率;
- d. 通风机的全压效率和静压效率或全压内效率和静压内效率。

由上述试验量,绘制通风机产品有因次性能曲线;由系列模型试验绘制有因次性能曲线或无因次特性曲线。

1.3 对于输送空气以外特殊气体或特殊状态下的通风机,须于订货合同中认可,方能使用本标准进行试验。

1.4 本标准采用国际单位制,并用()给出相应的工程单位制。

2 符号和说明

本标准使用符号列于表1,注脚符号列于表2。

表 1

符 号	量 的 名 称	单 位	说 明
a	长 边 长	m	通风机矩形进气口和出气口长边长
b	短 边 长		通风机矩形进气口和出气口短边长
d	开 孔 直 径		节流孔板开孔直径
	网丝直径	mm	整流金属网的网丝直径
D	直 径	m	
1	管 长		测试管路静压测点与通风机进气口或出气口间的管路长度(包括锥形连接管长度)
	栅 长		多孔形整流器轴向长度

续表 1

符 号	量 的 名 称	单 位	说 明
L	力 臂	m	平衡电机力臂长
	连 接 管 长		锥 形 连 接 管 长 度
A	面 积	m^2	通风机进气口和出气口端的横截面面积 A_1 表示通风机进气口端横截面面积 矩形横截面面积 $A_1 = a_1 \cdot b_1$ 圆形横截面面积 $A_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2$ A_2 表示通风机出气口端横截面面积 矩形横截面面积 $A_2 = a_2 \cdot b_2$ 圆形横截面面积 $A_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2$
m	面 积 比	—	锥形连接管两端面面积比 $m = \frac{\pi D^2}{4ab}$
C	气 流 速 度	m/s	流道横截面上的气流平均速度
ΔF	机 械 扭 矩	N·m	拆除通风机叶轮运转时的机械损失反映在扭矩仪上的测量值
F	扭 矩	{kgf·m}	试验时, 通风机在扭矩仪上的测量值
ΔG	机 械 平 衡 量	N	拆除通风机叶轮运转时的机械损失反映在平衡电机上的测量值
G	平 衡 量	(kgf)	试验时, 通风机在平衡电机上的测量值
M	分 子 量	kg/mol {kgf/mol}	
n	转 速	rpm	通风机主轴转速
N	功 率	kW	

续表 1

符 号	量 的 名 称	单 位	说 明
ΔP_n	压 差	P_a $\{ \text{kgf/m}^2 \}$ $\{ \text{mmH}_2\text{O} \}$	节流孔板前后两侧面的压差、进口集流器的负压计算流量时, 将进口集流器的负压视为正压
Δ_1	进口管路损失		进口管路静压测量点与通风机进口间管路压力损失
Δ_2	出口管路损失		出口管路静压测量点与通风机出口间管路压力损失
p	绝对压力		
p	通风机全压		通风机出口法兰处全压与通风机进口法兰处全压之差 $p = P_2 - P_1 = (p_{st2} + p_{d2}) - (p_{st1} + p_{d1})$
p_1	进口全压		进口法兰处升压, 通常为负压 $p_1 = P_1 - P_a = p_{e, st1} + p_{e, d1} - \Delta_1$ 若进口无测试管路时 (图3、4、5、8) $p_1 = 0$
p_2	出口全压		出口法兰处升压 $p_2 = P_2 - P_a = p_{e, st2} + p_{e, d2} + \Delta_2$ 若出口无测试管路时 (图1、2、7) $p_2 = p_d$
p_d	通风机动压		通风机出口法兰处的动压 p_{d2} (见4.5.2)
p_e	压力计压力		压力计测量值, 由注脚表明各位置上的压力计测量值
p_{st}	通风机静压		通风机全压与通风机动压之差 $p_{st} = p - p_d = p - p_{d2} = p_{st2} - (p_{st1} + p_{d1})$
p_{st1}	进口静压		通风机进口法兰处静压升压, 通常为负压 $p_{st1} = P_{st1} - P_a = p_{e, st1} - \Delta_1$
p_{st2}	出口静压		通风机出口法兰处静压升压 $p_{st2} = P_{st2} - P_a = p_{e, st2} + \Delta_2$ 若出口试验管路横截面与通风机出口截面不同时, 应按表 9 给出的公式对 $p_{e, st2}$ 测量值进行换算
p_{d1}	进口动压		通风机进口法兰处动压
p_{d2}	出口动压		通风机出口法兰处动压

续表 1

符 号	量 的 名 称	单 位	说 明
Q	流 量	m^3/min	通风机进口法兰处全压和总温状态下容积流量
R	气体常数	$\text{J/kg}\cdot\text{K}$ { $\text{kgf}\cdot\text{m/kgf}\cdot\text{k}$ }	空气的气体常数 $R = \frac{287}{1 - 0.378\varphi \frac{P_v}{P_a}} \left\{ R = \frac{29.27}{1 - 0.378\varphi \frac{P_v}{P_a}} \right\}$ 在产品验收试验中, 当温度为 $-15^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 时可取常数 $R = 288.5$ { $R = 29.4$ }
Re_p	管道雷诺数	—	试验管道内气流雷诺数 $Re_p = \frac{C \cdot D}{\nu_p}$
t	温度计温度	$^\circ\text{C}$	由下注脚标明各位置温度计测量温度
	节 距	mm	整流金属网或多孔整流栅格节距
T	绝对温度	K	$T = 273 + t$
u_{imp}	叶轮周速	m/s	叶轮叶片外缘周速
α	孔板流量系数	—	见 4.6.1
α_n	集流器 流量系数	—	见 3.9.3
I	电 流	A	
U	电 压	V	
γ	空气重度	{ kgf/m^3 }	通风机空气重度指进口全压和总温条件时的空气重度, 风管和风室中空气重度指绝对静压和总温条件时的空气重度 由下注脚标明各位置重度 通风机 $r_1 = P_1/RT_1$, 风管和风室 $r_p = P_{s1}/RT$
e	膨胀系数	—	见 4.6.1
β	开孔比	—	孔板直径比 $\beta = \frac{d}{D}$

续表 1

符 号	量 的 名 称	单 位	说 明
ρ	密 度	kg/m ³	通风机空气密度指进口全压和总温条件时的空气密度, 风管和风室中空气密度指绝对静压和总温条件时的空气 密度 由下注脚标明各位置密度 通风机 $\rho_1 = P_1/RT_1$ 风管和风室 $\rho_p = P_{st}/RT$
η	效 率	%	见表 9
κ	绝 热 指 数	—	空气绝热指数 $\kappa = 1.4$
c_p	等 压 比 热	J/kg·K	空气 $c_p = 1000$ J/kg·K
μ	动 力 粘 度	$P_a \cdot S$ $\left\{ \frac{\text{kgf} \cdot S}{m^2} \right\}$	
ν	运 动 粘 度	m ² /s	$\nu = \mu/\rho$ { $\nu = \mu/\gamma$ }
$\cos\phi$	功 率 因 数	—	
φ	相对湿度	—	见附录 B (补充件)
	流量系数	—	
ψ	压 力 系 数	—	见表 9
λ	功 率 系 数		
K_p	压 缩 性 修 正 系 数		
ε_n	集 流 器 膨 胀 系 数	—	锥形集流器的膨胀系数 ε 绘入图 16 中; 圆弧形集流器的膨胀系数 $\varepsilon_n = 1 - 0.55 \frac{\Delta P_n}{P_a}$ (当 $\Delta P_n < 500 P_a$ { $< 51 \text{ kgf/m}^2$ } 时, $\varepsilon_n = 1.0$)

表 2

注脚符号	注脚含义	说 明
0	标准状态	本标准指通风机进口法兰处空气的标准进气状态 空气温度 $t_{1,0} = 20^\circ\text{C}$ 绝对压力 $P_{1,0} = 101.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ ($P_{1,0} = 10330 \text{ kgf/m}^2$); 相对湿度 $\varphi_{1,0} = 50\%$; 气体常数 $R_{1,0} = 288.5 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ($29.4 \text{ kgf} \cdot \text{m/kgf} \cdot \text{K}$); 密 度 $\rho_{1,0} = 1.2 \text{ kg/m}^3$ { 重度 $\gamma_{1,0} = 1.2 \text{ kgf/m}^3$ }
1	进气口	指通风机进口法兰处。在进口法兰前直接装有属于通风机的吸气节流装置或进气箱时, 则节流装置前法兰截面或进气箱进口法兰截面为进气口 无机壳通风机, 叶轮进口前有集流器时, 以集流器进口为进气口; 无集流器时, 以叶轮进口为进气口 通风机在实际工作条件下有特殊形状过渡接头时, 由合同双方协商确定进口位置
2	出气口	指通风机出口法兰处; 在出口直接装有属于通风机的扩散器时, 则扩散器出口法兰处为出气口 对于无机壳通风机, 以叶轮流道出口为出气口
a	大气状态	
d	动力的	
co	指定条件	
e	压力计的	
el	电动机的	
f	摩擦的	
in	内部的	
imp	叶轮的	
m	算术平均值	
sh	轴 的	

续表 2

注脚符号	注脚含义	说 明
st	静态的	
Te	试验的	
up	上游的	
V	饱和蒸汽的	
h	整流金属网	
P	管 路	
n	孔板和集流器	

3 试验装置和仪器

通风机试验装置分为风管式和风室式两类。

3.1 风管式试验装置

风管式试验装置由测试管路、流量调节装置、整流装置及锥形连接管等组成。根据试验管路与通风机进气口和出气口连接方式不同,分为进气、出气和进出气三种试验装置。

3.1.1 进气试验装置:在通风机进气口端面连接测试管路,而出气口端开向大气,见图1和图2。

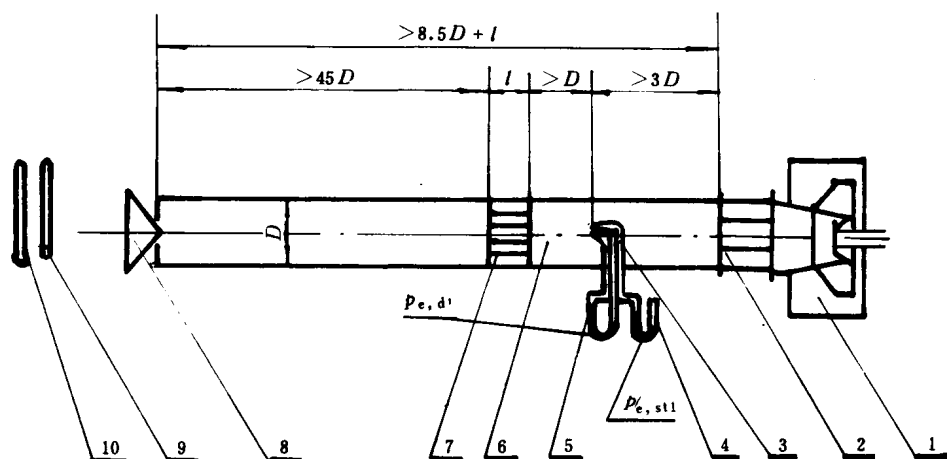


图 1 进气试验装置示意图

- 1—试验风机 (离心式或轴流式); 2—接头; 3—动压管;
4—压力计; 5—差压计; 6—试验管路; 7—多孔整流栅;
8—节流器; 9—温度计; 10—大气压力计

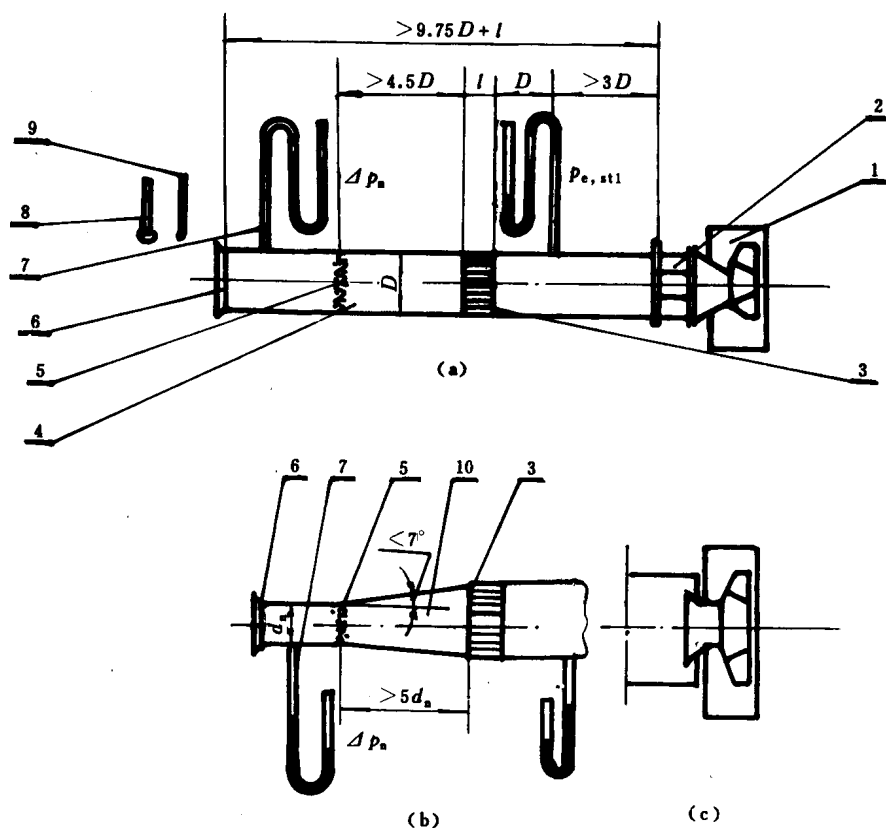


图 2 进气试验装置示意图

- 1—试验风机（离心式或轴流式）；2—接头；3—多孔整流栅；
4—试验管路；5—节流金属网；6—进口集流器；7—压力计；
8—大气压力计；9—温度计；10—扩压接头

3.1.2 出气试验装置：进气口开向大气，而出气口端面与测试管路相连接，见图3、图4和图5。

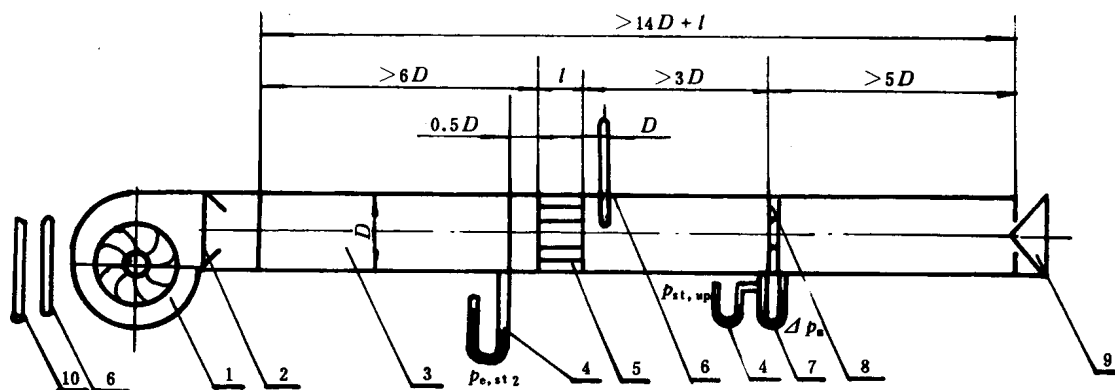


图 3 出气试验装置示意图

- 1—试验风机（离心式或轴流式）；2—接头；3—试验管路；
4—压力计；5—多孔整流栅；6—温度计；7—差压计；
8—孔板；9—节流器；10—大气压力计

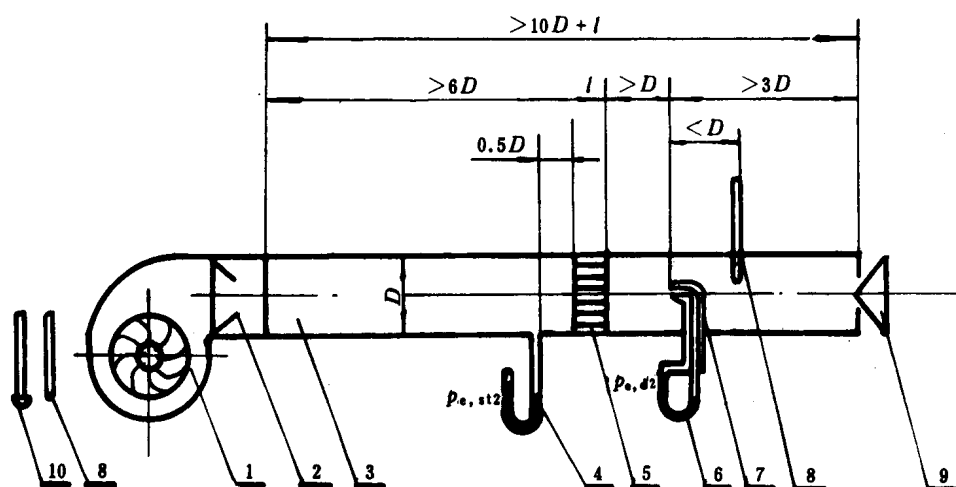


图 4 出气试验装置示意图

1—试验风机（离心式或轴流式）；2—接头；3—试验管路；4—压力计；5—多孔整流栅；6—差压计；7—动压管；8—温度计；9—节流器；10—大气压力计

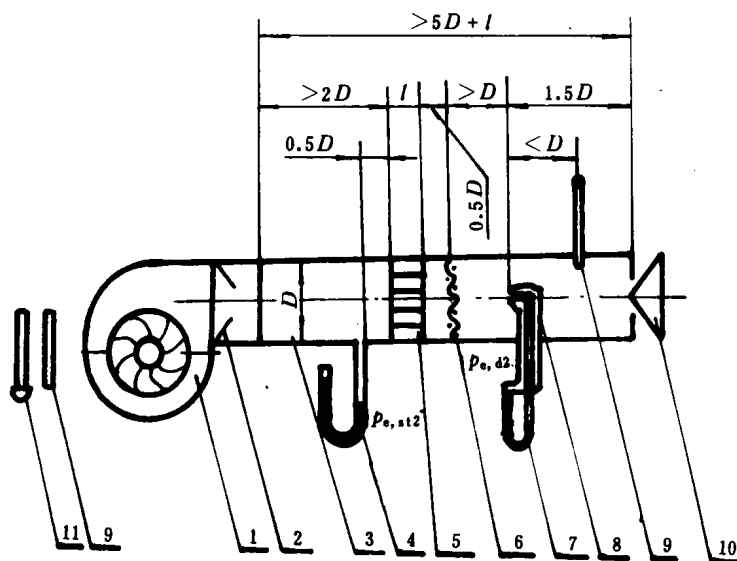


图 5 出气试验装置示意图

1—试验风机（离心式或轴流式）；2—接头；3—试验管路；4—压力计；5—多孔整流栅；6—整流金属网；7—差压计；8—动压管；9—温度计；10—节流器；11—大气压力计

3.1.3 进出气试验装置：通风机进气口和出气口均连接测试管路见图6。

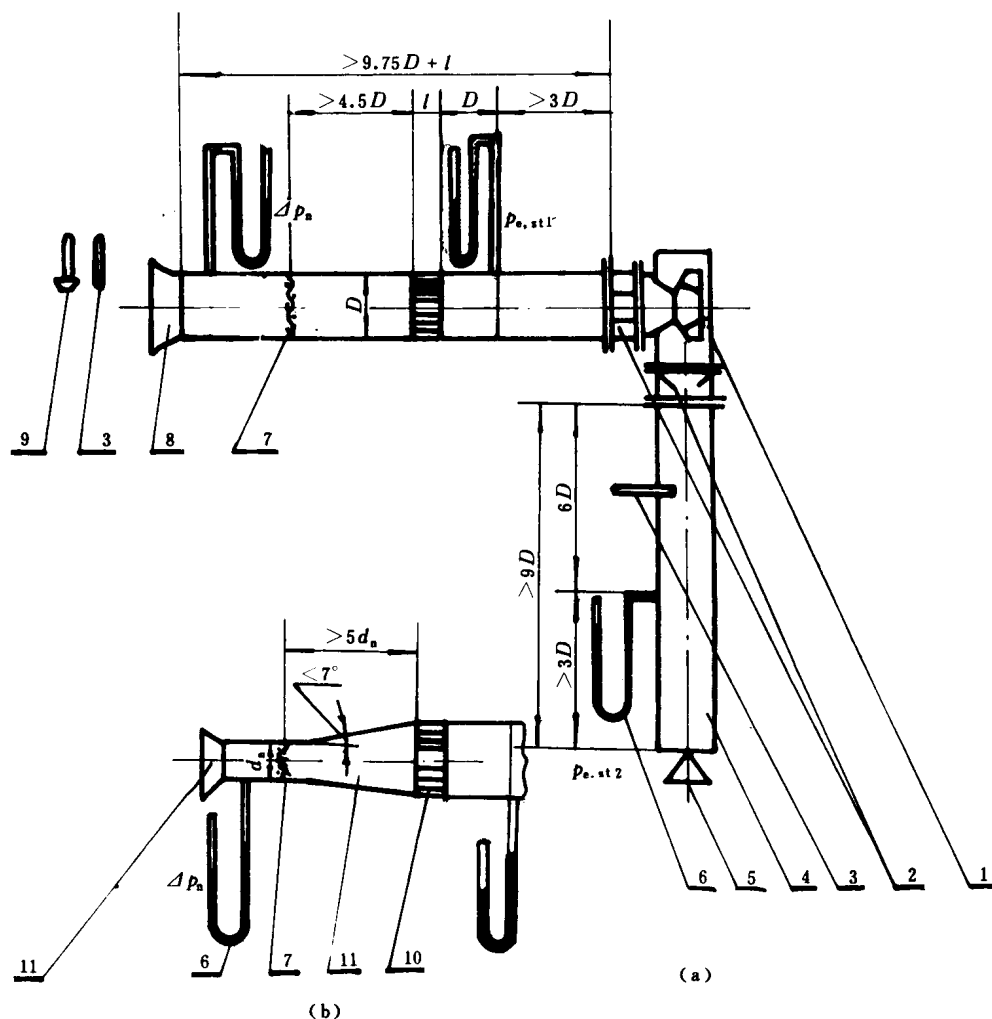


图 6 进出气试验装置示意图

1—试验风机（离心式或轴流式）；2—接头；3—温度计；4—试验管路；5—节流器；6—压力计；7—整流金属网；8—进口集流器；9—大气压力计；10—多孔整流栅；11—扩压接头

3.2 风室式试验装置

风室式试验装置由流量测试管路、腔室、辅助通风机、流量调节器和整流器等组成。根据腔室与通风机进气口和出气口连接方式不同，分为进气风室和出气风室两种试验装置。

3.2.1 进气风室试验装置：通风机进气口端与风室的腔室出口相连接，而通风机出口开向大气，见图7。

3.2.2 出气风室试验装置：通风机进气口开向大气，而通风机出气口与风室的腔室进口连接，见图8。

3.3 测试管路

测试管路一律采用圆形管，其尺寸形状及表面要求应符合下述规定。

3.3.1 风管式试验装置的进气和出气测试管路截面积，应尽可能分别与通风机进气口和出气口法

兰内孔的面积相同。当不同时，应另用锥形连接管连接。但系列模型试验尽可能不使用锥形接头。

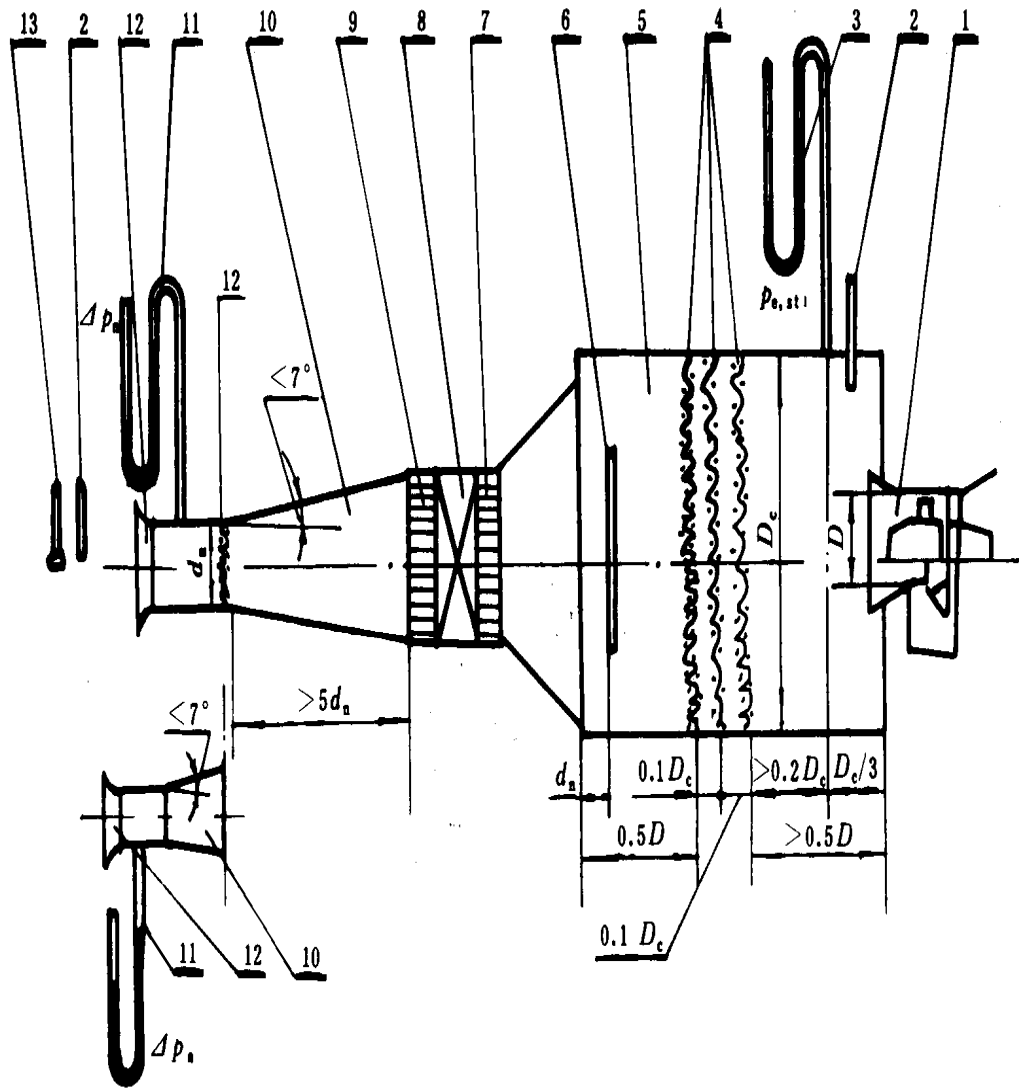


图 7 进气风室试验装置示意图

- 1—试验风机（离心式或轴流式）；2—温度计；3—压力计；4—整流金属网；5—腔室；6—挡板；7—多孔整流栅；8—辅助通风机；9—节流器；10—扩压接头；11—压力计；12—进口集流器；13—大气压力计

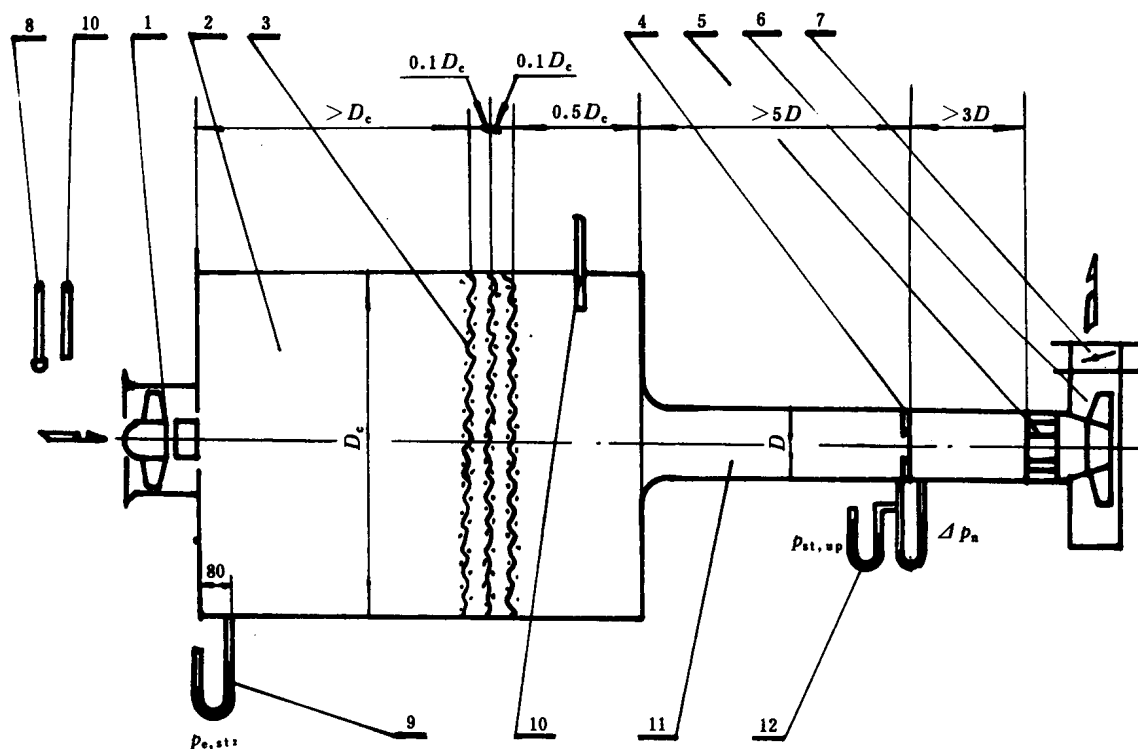


图 8 出气风室试验装置示意图

1—试验风机(离心式或轴流式); 2—腔室; 3—整流金属网; 4—孔板; 5—多孔整流栅; 6—辅助通风机; 7—节流器; 8—大气压力计; 9—压力计; 10—温度计; 11—试验管路; 12—差压计

3.3.1.1 进气试验管路用收敛形连接管, 其两截面面积比 m 不超过1.3~1.0。

3.3.1.2 出气试验管路用收敛形或扩散形连接管, 其两截面面积比 m 不超过0.7~1.3。

3.3.1.3 锥形连接管外形尺寸应符合下列规定:

a. 由圆形过渡到圆形时, 连接管的锥形收敛角应小于 30° , 扩散形应小于 14° (见图9)。

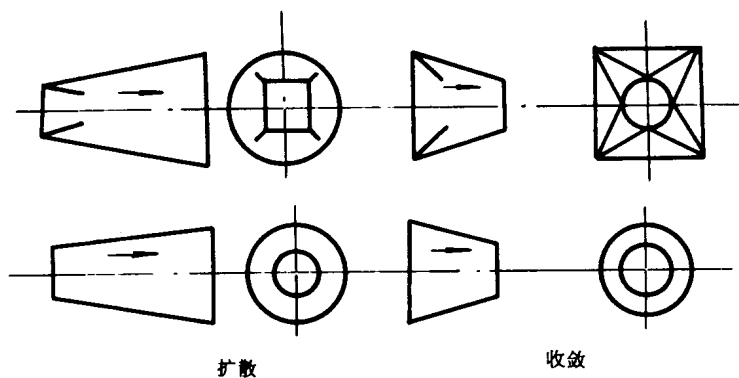


图 9

b. 由矩形过渡到圆形时,按下式确定(在出气侧):

$$\text{收敛管 } (m < 1); L/D \geq 1.8 \left(\frac{1}{\sqrt{m}} - 1 \right) + 0.4 \frac{a}{b} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{扩散管 } (m \geq 1); L/D \geq 4 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) + 0.4 \frac{a}{b} \dots\dots\dots (2)$$

c. 由圆形过渡到矩形时,按下式确定(在进气侧):

$$\text{收敛管 } (m \geq 1); L/D \geq 1.8 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) + 0.4 \frac{b}{a} \dots\dots\dots (3)$$

3.3.2 进出气测试管路的内壁应平整光洁、无尘垢和无起皮。管路长度应分别符合图1~8的规定。

3.3.3 进、出气测试管路上应分别设有测量静压、温度计和动压管的孔,孔应符合下述规定:

a. 测量静压的孔:在规定的同一截面的管壁上,沿圆周均布,钻四个孔。该孔须垂直于管壁,管路的内壁面与孔交界处须平滑无毛刺,孔的内径为2~5 mm。在管路的外壁面的静压孔处焊接一便于连接的短导管,短导管的内径应大于测量静压的孔径 d 的2倍以上(见图10)。

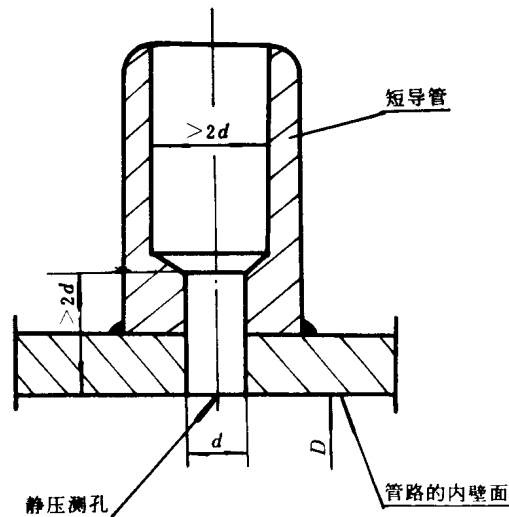


图 10

b. 安装温度计的孔:在规定位置的管壁上钻一个孔,以便于安装温度计。

c. 安装动压管的孔:在管路按规定的位置同一截面壁上沿圆周间隔90°钻2个孔,以便于安装动压管。

3.4 整流装置

整定管路内气流的整流装置分为整流栅和整流金属网两种。

3.4.1 整流栅(见图11)尺寸及形状应符合下述规定:

a. 整流栅栅格(正方形)节距 t 应取测试管路内径 D 的 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{12}$;

b. 整流栅的轴向长度 l 应大于或等于栅距的3倍。

3.4.2 设置在图5管路内整流金属网(见图12)的通流面积比应在0.6~0.45范围内,且由下式确定相应尺寸:

$$\frac{A_h}{A_p} = \left(1 - \frac{d}{t} \right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

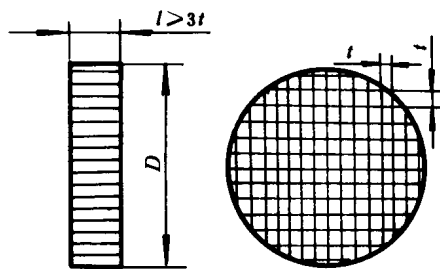


图 11 多孔整流栅

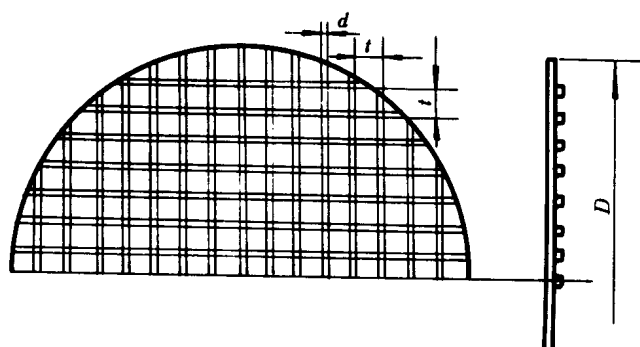


图 12 整流金属网

整流金属网的网丝直径 d ，应根据管路面积、管路内的压力大小和网丝的刚度选取。网的外圆不得用扁铁圈或任何圆环进行补强。

3.5 流量调节装置

3.5.1 进气试验：图1采用圆锥形流量调节器；图2采用可更换的不同通流面积比的节流金属网。网的结构同3.4.2或用圆堵片（堵片直径应小于风管直径的 $1/10$ ）均匀地吸附在固定网上。

3.5.2 出气试验和进出气试验采用圆锥形流量调节器。

3.6 风室

3.6.1 腔室应符合下述规定：

3.6.1.1 腔室应为等截面积的圆形（内径为 D_c ）或是正方形（边长为 D_c ）。腔室横截面积的确定应使其流速小于 4 m/s ；通风机静压低于 70 Pa （ 7.1 kgf/m^2 ）时应使其流速小于 1.5 m/s ；对产品交货试验，当叶轮直径大于 1400 mm 时，允许气流速度增大到 20 m/s 。

3.6.1.2 腔室的静压测量孔：在按规定的同一截面的壁上，沿圆周均布钻四个以上的孔。孔的制作应符合3.3.3a的规定。

3.6.1.3 腔室内的整流金属网的结构同3.4.2，依气流方向分三层布置，其通流面积比分别为60%、50%和45%，网间隔为 $0.1 D_c$ ，固定在腔室内壁上。

3.6.1.4 在图7中，当腔室测量静压截面上的最大气流速度超过其平均流速的30%时可加装挡板。挡板厚度应按刚度确定，板的直径应不大于 $0.6 D_c$ 。

3.6.2 辅助通风机

当流量调节装置达到最大开度，风室装置的阻力仍较大，超过被试通风机试验工况的静压时，则应增设辅助通风机以克服风室阻力。

3.6.2.1 辅助通风机应是低压大流量轴流式或离心式通风机。

采用轴流式通风机时，应有后导叶装置以减少出口气流的旋绕；

采用离心式通风机时, 主轴与机壳后侧板间隙处, 应设有密封, 不得漏气。

3.6.2.2 辅助通风机的空气性能 应大于被试通风机试验工况所要求流量的10%, 静压应大于风室装置阻力的10%。

3.6.3 流量测试管路

流量测试管路应是圆形管路, 内壁面应光洁平整无尘垢和无起皮的光洁管壁。

3.6.3.1 进气风室流量测试管路上的集流器应符合3.9.3的规定。为适合各种规格通风机的试验, 可以做成几种不同直径可更换的流量测试管路。

流量测试管路与流量调节装置之间, 用锥形扩散管相连接。锥形扩散管的锥角应小于 14° 。

3.6.3.2 出气风室流量测试管路, 采用合适的开口比且可拆卸的孔板。为适合各种通风机的试验, 可做成几种不同直径可更换的流量测试管路, 管路直径的确定, 应满足管路内的气流雷诺数 $10^5 < Re_p < 10^6$ 的要求。

3.6.4 流量调节器

3.6.4.1 进气风室采用叶片式调节器。

3.6.4.2 出气风室采用叶片式或百叶窗式调节器。

3.7 试验布置

3.7.1 风管式试验

3.7.1.1 通风机进气口端 (包括进气试验管路的进气口端面) 应布置在室内, 不受自然风力的影响。进气周围空间以通风机进气口或进气管路中心计算在1.5倍直径的范围内, 不得有墙壁或重大障碍物, 并应有适当的防护措施, 防止异物吸入损坏通风机。

采用图1、2、6试验装置时, 为防止叶轮旋转对上游压力测量的影响, 应在通风机进气口和试验管路连接处设置阻力损失可忽略不计的简单整流栅。

当采用出气试验时, 通风机在使用场合下, 通风机进气口处装有集流器或进气管路, 应在通风机进气口上安装集流器; 当使用场合无集流器或进气管道时, 则在通风机进气口上不得安装集流器。

3.7.1.2 通风机出气口端直接开向大气时(进气试验装置), 通风机出气口中心至地面的高度应大于 D_2 。出口气流在室内自然流动过程中不得有墙壁或重大障碍物造成附加阻力, 出口气流应自由返回到进口。

通风机出气口有试验管路时(出气试验装置和进出气试验装置), 出气口端与障碍物之间的距离, 以流量调节装置达到最大开度时对管路无额外阻力为限。

3.7.1.3 当流量调节装置达到最大开度时, 由于管路阻力不能达到通风机要求的试验工况, 在试验装置上应安装辅助通风机(或用风室试验)。

3.7.2 风室试验

3.7.2.1 通风机进气口端 (出气风室试验) 和集流器进气口端 (进气风室试验) 应符合3.7.1.1规定; 通风机出气口端 (进气风室试验) 应符合3.7.1.2规定。

3.7.2.2 采用进气风室试验时, 通风机在使用场合下, 进气口装有集流器或有进气管路, 应在通风机进气口上安装集流器并插入风室的腔室内; 无集流器或进气管路时, 在进气口上不得安装集流器。

3.7.2.3 对于交货验收试验, 当节流装置在最大开度能满足试验工况要求时, 可以不设置辅助通风机。

3.8 压力测量仪器

3.8.1 计量压力的压力计, 应根据所测压力大小按表3选择。

表 3

压 力 范 围 $P_a \left\{ \begin{array}{l} \text{kgf/m}^2 \\ \text{mmH}_2\text{O} \end{array} \right\}$	名 称 或 型 式	最 小 刻 度 (mm)	精 度 (%)	技 术 要 求	应 用 对 象
$P_e < 490$ { $P_e < 50$ }	补偿式微压计 倾斜式微压计	0.01 0.05	± 0.1	微压计应有调水平设施	交货验收试验、 系列模型试验
$490 < P_e < 2450$ { $50 < P_e < 250$ }	单管压力计	0.5	± 0.2	单肢管内径6~12mm, 配有活动刻度尺, 零点与 水槽液面零位对应 水槽的液面应能看得见 并具有在使用时调整零位 设施	交货验收试验
	补偿式微压计 倾斜式微压计	0.01 0.05	± 0.1	微压计应有调水平设施	系列模型试验
$2450 < P_e < 14700$ { $250 < P_e < 1500$ }	U型压力计	1.0	± 0.4	两管内径6~12mm, 并 配有刻度尺	交货验收试验
	单肢管压力计	0.5	± 0.2	单肢管内径6~12mm, 配有活动刻度尺, 零点与 水槽液面零位对应 水槽的液面应能看得见 并具有在使用时调整零位 设施	系列模型试验
	U型压力计	1.0	± 0.4	两管内径6~12mm, 并 配有刻度尺	

注：表3~表7中的精度是指最大误差与仪表最大读数之比的百分数。

3.8.2 应采用最大误差不超过 $33P_a$ {0.25mmHg} 水银液柱气压计测量大气压力。

3.9 流量测量仪器

流量的测量采用动压管、孔板或进口集流器等三种不同形式的仪器进行。

3.9.1 动压管

3.9.1.1 采用动压管测量气流动压，其构造见图13所示，应符合下述规定：

a. 动压管的弯管应选用光滑黄铜管或不锈钢管制成。其外径 d 应视其所测气流含尘微粒大小和多少，以及气流管路直径（弯管直径不应大于风管直径的5%）在5~20mm之间确定。直管外径尺寸的确定，应根据其长度 L 的刚度确定为弯管直径 d 的1~3倍。直管长度 L 视测试管路直径大小确定。

b. 弯管外缘静压测定孔内径为1mm（A—A截面），其孔数应与表示弯管外径的毫米数大致相同，并均匀分布在圆周上。

c. 弯管的外表面应光滑，在管头部全压测量孔和静压测量孔周围，不允许留有毛刺。

3.9.2.2 取压方法应符合GB 2624—81标准中的角接取压式方法。取压装置包括单独钻孔取压用的夹紧环和环室取压用的环室，其构造和位置示于图14。

3.9.2.3 节流孔板的大小适用于管路内径为50~1000mm，开孔比 $\beta^2 = 0.05 \sim 0.64$ 。

3.9.3 进口集流器

进口集流器用来测量入口气流负静压，从而确定流量。集流器分为圆弧形和锥形两种，其构造(见图15)应符合下述规定。

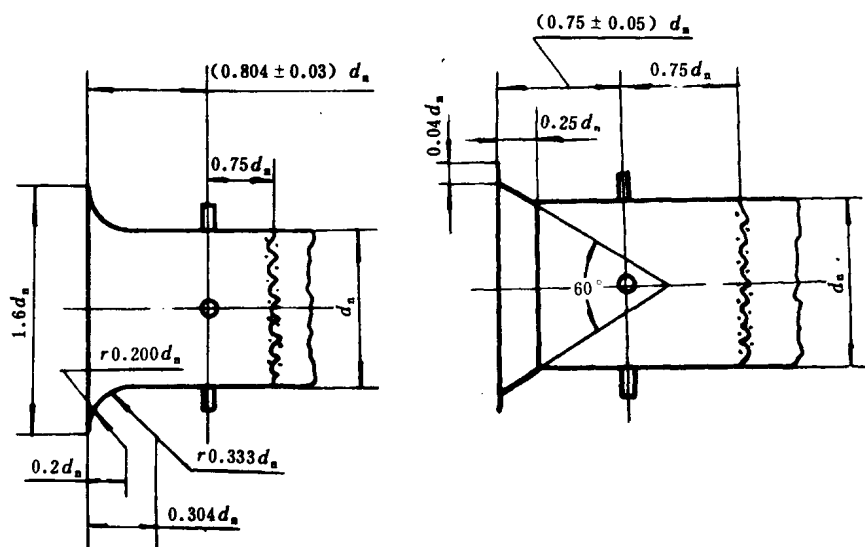


图 15

3.9.3.1 圆弧形集流器应对称，其内表面应平整光滑。其弧面部分应使用样板检查，在法线方向弧面上相对于样板的误差不得大于 $0.002 d_n$ ，其喉部应是圆柱面，在压力测量孔截面上每间隔约 45° 所测量的四个喉部直径 d_n 的算术平均值与公称直径之差不得大于 $0.002 d_n$ ，喉部直径 d_n 的算术平均值与其中最大直径之差不得大于 $0.002 d_n$ 。喉部圆柱面与弧面应相切，不得有明显凸凹不平。

压力测孔应符合3.3.3a的规定。

圆弧形集流器适于当管道气流雷诺数 $Re_P \geq 5.5 \times 10^4$ 时采用，其流量系数 α_n 为0.99。为提高雷诺数和测量精度，测量流量时，允许圆弧形集流器喉径小于测试管路直径(见图2b和图6b)，但喉径内的最大流速不应超过50m/s。

3.9.3.2 锥形集流器应对称，内表面应平整光滑。其锥角应使用样板检查，其偏差不得大于 $\pm 1^\circ$ 。锥体和圆柱体接合处不得有明显凸凹和尖锐棱边。在压力测量孔截面上约每间隔 45° 所测量的4个喉部直径 d_n 的算术平均值与公称直径之差不得大于 $0.002 d_n$ ，喉部直径 d_n 的算术平均值与其中最大直径之差不得大于 $0.002 d_n$ 。

压力测孔应符合3.3.3a规定。

锥形集流器适用于当管道气流雷诺数 $Re_P \geq 2 \times 10^4$ 时采用，其复合系数由图16确定。当管道气流雷诺数 $Re_P \geq 3 \times 10^5$ 时复合系数 $\alpha_n \beta_n$ 为0.96。为提高雷诺数和测量精度，允许集流器的喉径小于测试管路直径(见图2b和图6b)。

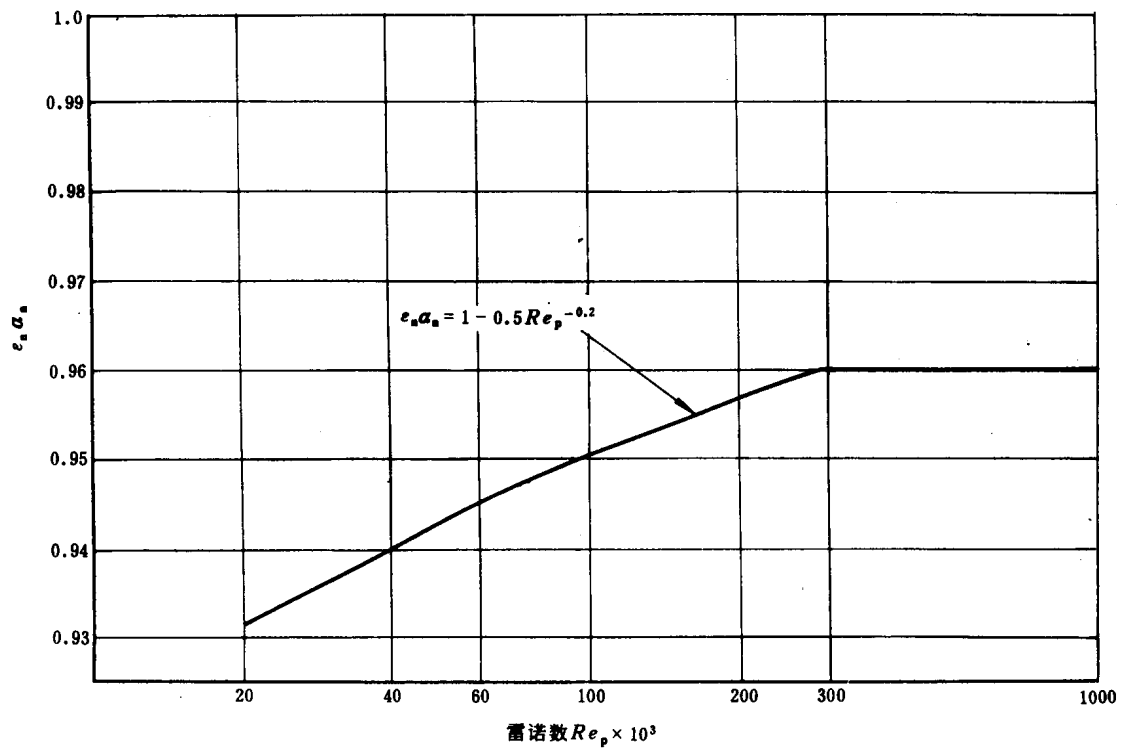


图 16

3.9.4 计量孔板压差、动压管动压和进口集流器负静压的压力计，应根据所测压力大小按表3选择，其读数至少精确到1/100。

3.10 温度测量仪器

采用水银温度计或热电偶温度计测量气体温度，其最小刻度和精度应符合表4规定。

表 4

名 称	最 小 刻 度 °C	精 度 %
水 银 温 度 计	0.5	±1.0
热电偶温度计		

3.11 转速测量仪器

采用机械式转速表、数字式转速仪或频闪式转速仪测量转数，其最小刻度和精度应符合表5规定。

表 5

名 称	最 小 刻 度	精 度 %
机 械 转 速 表	测量值的 $\frac{1}{200}$	± 0.5
数 字 式 转 速 仪	1.0rpm	± 0.2
频 闪 式 转 速 仪		

3.12 功率测量仪器

3.12.1 电测法：采用实验室用电气仪表，其最小刻度和精度应符合表 6 规定。

表 6

名 称	最 小 刻 度	精 度 %
电 流 表	仪表满量程的 $\frac{1}{100}$	± 0.5
电 压 表		± 1.0
功 率 因 数 表		
功 率 表		

3.12.2 扭矩法：采用扭矩测量仪或平衡电机，其最小刻度和精度应符合表 7 规定。

表 7

名 称	最 小 刻 度	灵 敏 度	精 度 %
扭 矩 测 量 仪	仪表满量程的 $\frac{1}{200}$	工作状态下测量值的 0.5%	± 1.0
平 衡 电 机			± 0.5

3.13 仪器校正

3.13.1 用来测量温度、转速和功率等参数的仪器均应按规定定期经计量检定。凡不符合表 3 至表 7 中规定精度的仪表不得使用。

3.13.2 在试验前应对补偿式微压计、倾斜式微压计、单管压力计、功率表、电流表以及电压表等仪表进行零位的调整，试验后必须检验其零位，其偏差值超过仪表精度等级时，应重作试验。

3.13.3 在试验前必须用标准质量的砝码和精确测量的扭转力臂对扭矩测量仪的精度进行静态校准和检验，凡不符合表 7 规定时，应进行检修使其达到表 7 的规定。对平衡电机应进行动态灵敏度检验，若超出表 7 规定时应进行检修使其达到表 7 的规定。

3.13.4 对有二次指示的仪表的扭矩测量仪、数字式转速仪、频闪转速仪和平衡电机的二次指示仪表，均应在试验前、后进行仪表零点校验或自检，凡不符合要求时，应进行检修，使其准确工作。

3.13.5 对动压管、孔板和集流器均应进行结构尺寸和光洁度检查,凡符合本标准规定的,不必进行计量检定。

4 试验规则

4.1 性能试验项目:

- a. 进口压力;
- b. 出口压力;
- c. 进口温度;
- d. 出口温度;
- e. 流量;
- f. 主轴转速;
- g. 大气条件;
- h. 轴功率或内功率;
- i. 喘振点。

4.2 试验装置的选择

4.2.1 交货验收试验装置的选择:

- a. 对引风用通风机(负压工作)选用图1或图2所示的风管式进气试验装置。
- b. 对鼓风用通风机(正压工作)选用图3或图4所示的风管式出气试验装置;对叶轮直径大于1400mm鼓风用通风机,可选用图5试验装置。
- c. 在通风机的进口和出口都有风管的工作场合下,选用图6所示风管式进出气试验装置。
- d. 对进出口无风管的轴流通风机。作引风用时应选用图7所示的进气风室装置,作鼓风用时应选用图8出气风室装置。

当上述试验装置的测试管道内径小于400mm时应尽量采用进口集流器或孔板进行测试。

4.2.2 对系列模型试验应根据系列产品工作类型,按4.2.1选择试验装置,通常最好选用风室试验装置。

4.3 试验运转条件

4.3.1 进气状态:试验现场的大气压力、大气温度和湿度为进气状态。试验时,若进气状态与标准进气状态或指定进气状态不同时,应把测试结果按本标准5.2规定进行性能换算。

4.3.2 试验转速

4.3.2.1 除4.3.2.2中所指的特殊通风机外,空气通风机的试验转速均为其指定的转速。当由于电源或配套设备等关系,难以按通风机指定的转速试验时,本标准推荐按下式确定试验转速(此时雷诺数和马赫数的影响忽略不计),其试验结果按5.2规定换算成指定转速下的性能。

$$\frac{n_{Te}}{n_{co}} \cdot \frac{(P_1 M)_{Te}}{(P_1 M)_{co}} \cdot \left[\frac{(\mu T_1)_{Te}}{(\mu T_1)_{co}} \right]^{-1} = 0.7 \sim 1.4 \quad \dots\dots\dots (5)$$

大型、大功率的通风机不宜直接试验时可做成模型代替交货验收试验,其模型试验结果,应与有关方面共同商定。

4.3.2.2 高温通风机、锅炉引风机和特殊气体通风机的试验转速应符合公式(5)规定。

4.4 检查和注意事项

4.4.1 试验前应检查通风机与试验装置(测试管路、风室等)的连接和测试仪器各连接处不得有泄漏、测试仪器应经校正。

4.4.2 测试前应查明通风机产品所属的原有部件,如集流器、风量调节器、进气箱、扩压器等等是否已经安装,不得任意更动附带的原有部件以免影响测试性能的真实性。

4.4.3 检查通风机机壳剖分面,其连接处不得有泄漏,对特殊气体的通风机应检查轴封的密封情况。

4.4.4 通风机的启动:

4.4.4.1 无辅助通风机试验装置时:

- a. 离心式通风机的进口应全闭, 在无流量输送下启动电动机;
- b. 轴流式通风机的进、出口应全开, 在最大流量输送下启动电动机。

4.4.4.2 有辅助通风机试验装置时应先启动辅助通风机:

- a. 对离心式通风机, 应将节流器全闭, 在无流量输送下启动电动机;
- b. 对轴流式通风机, 应将节流器全开, 最大流量输送下启动电动机。

4.5 压力测量

4.5.1 静压的测量

在管路和腔室的同一测量截面壁上所分布的四点静压孔接头, 应分别单独和压力计相连接, 所测得的四点静压算术平均值为该截面上的平均静压。

任一单独静压点所测压力不大于同一截面平均静压1.0%时, 可以将同一截面四点静压收集到一个共同的环中并与压力计相连, 测量平均静压。其环的有效横截面积应不小于任一静压孔截面积的四倍。

4.5.2 动压的测量

4.5.2.1 用动压管测量动压时, 动压管的直管必须垂直管壁, 动压管的弯管嘴应面对气流方向且与风管轴线平行, 其平行度偏差不得大于 5° (见图17), 测点位置和点数应符合表8的规定。

4.5.2.2 用动压管测得同一截面上的各测点动压, 对交货验收试验按公式(6)计算平均动压, 系列模型试验按公式(7)计算平均动压。

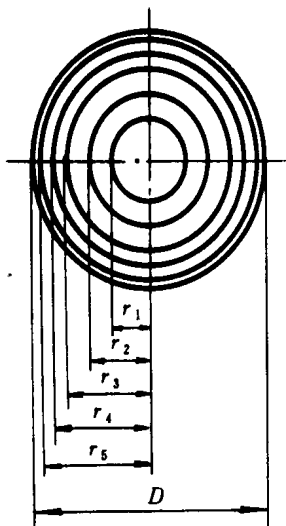


图 17

表 8

风管直径 mm		300	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2400	2800	3200	3600
测点半径 mm	r_1	47	67	79	95	110	126	158	190	221	252	284	316	380	442	500	570
	r_2	82	110	137	164	192	219	274	329	384	438	493	548	656	766	876	985
	r_3	106	141	177	212	247	283	354	424	495	565	635	707	850	990	1130	1270
	r_4	126	168	210	250	293	335	420	501	585	670	754	837	1005	1170	1340	1500
	r_5	142	190	238	285	332	380	474	567	664	756	854	949	1140	1320	1520	1710
纵 横 向 总 测定点数 n		纵 向 10		纵 横 向 20													

$$p_{em,d1} = \frac{1}{n} (p_{e,d1} + p_{e,d2} + \dots + p_{e,dn}) \quad (6)$$

$$p_{em,d2} = \left(\frac{\sqrt{p_{e,d1}} + \sqrt{p_{e,d2}} + \dots + \sqrt{p_{e,dn}}}{n} \right)^2 \quad (7)$$

式中：注脚1、2…… n 为测点序号。

4.5.2.3 按图1~2和图6~7装置试验通风机时，出口动压无直接测量值，可按下述方法求得：

a. 进口静压 $|p_{st1}| < 2500 \text{ Pa}$ ($< 255 \text{ kgf/m}^2$) 时

$$p_{d2} = \frac{\rho_1}{2} \left(\frac{Q_1}{60A_2} \right)^2 \quad \left\{ p_{d2} = \frac{\gamma_1}{2g} \left(\frac{Q_1}{60A_2} \right)^2 \right\} \quad (8)$$

b. 进口静压 $p_{st1} > 2500 \text{ Pa}$ ($> 255 \text{ kgf/m}^2$) 时

$$p_{d2} = \frac{\rho_1}{2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{Q_1}{60A_2} \right)^2$$

$$\left\{ p_{d2} = \frac{\gamma_1}{2g} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left(\frac{Q_1}{60A_2} \right)^2 \right\} \quad (9)$$

4.5.2.4 按图2~8装置试验通风机时，进口动压无直接测量值，可按公式(10)计算得出：

$$p_{d1} = \frac{\rho_1}{2} \left(\frac{Q_1}{60A_1} \right)^2 \quad \left\{ p_{d1} = \frac{\gamma_1}{2g} \left(\frac{Q_1}{60A_1} \right)^2 \right\} \quad (10)$$

4.6 流量测量

4.6.1 采用孔板测量流量时，其方法应按GB 2624—81规定进行，将测得的流量按下式换算为通风机进口流量：

$$Q = \frac{\rho_{up}}{\rho_a} Q_{up} = \frac{66.643 a \varepsilon d_n^2 \sqrt{\rho_{up} \Delta p_n}}{\rho_a} \quad \left\{ Q = \frac{\gamma_{up}}{\gamma_a} Q_{2P} = \frac{2087 a \varepsilon d_n^2 \sqrt{\gamma_{up} \Delta p_n}}{\gamma_a} \right\} \quad (11)$$

若当 $p_{st2} < 2500 \text{ Pa}$ ($< 255 \text{ kgf/m}^2$) 时， $\rho_1 = \rho_{up}$ ($\gamma_1 = \gamma_{up}$)

4.6.1.1 产品交货验收试验：孔板流量系数 a 和开孔比 β^2 的关系示于图18，其适用范围为：

- $10^5 < Re_p < 2 \times 10^6$ ；
- $0.05 < \beta^2 < 0.64$ ；

c. $50 < D < 1000 \text{ mm}$ 。

在此范围内不考虑管道粗糙度对流量系数的影响。

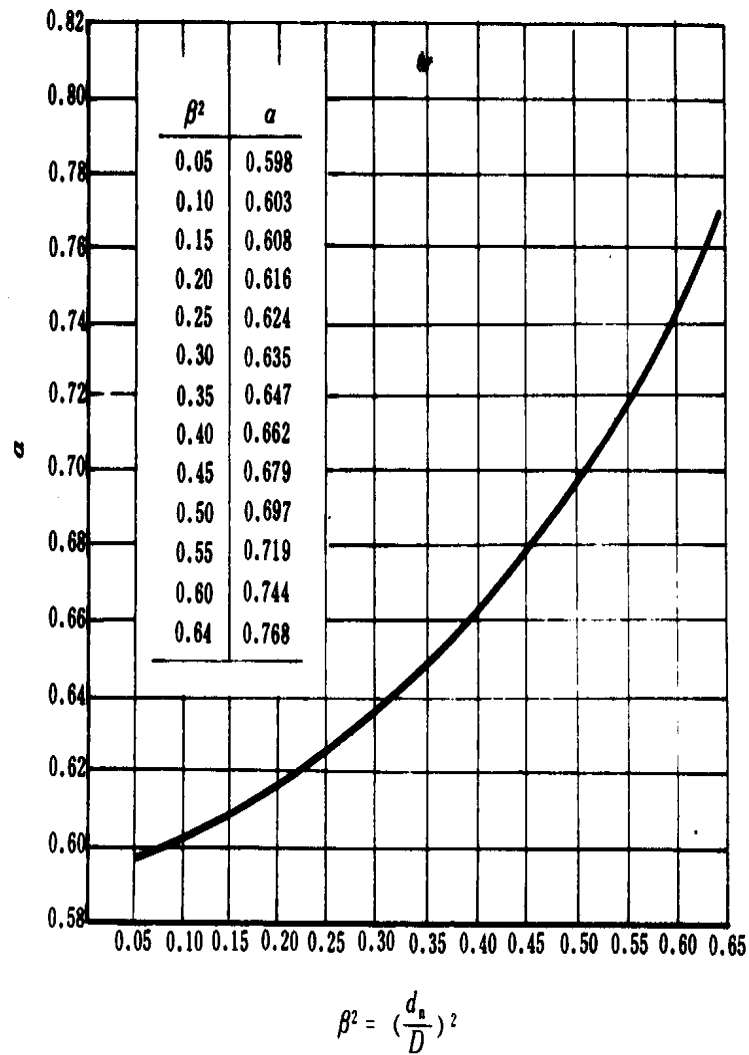


图 18

若测定雷诺数小于 10^5 的流量时，则按GB 2624—81求得流量系数 α ，空气膨胀系数 ϵ 按图19求得。

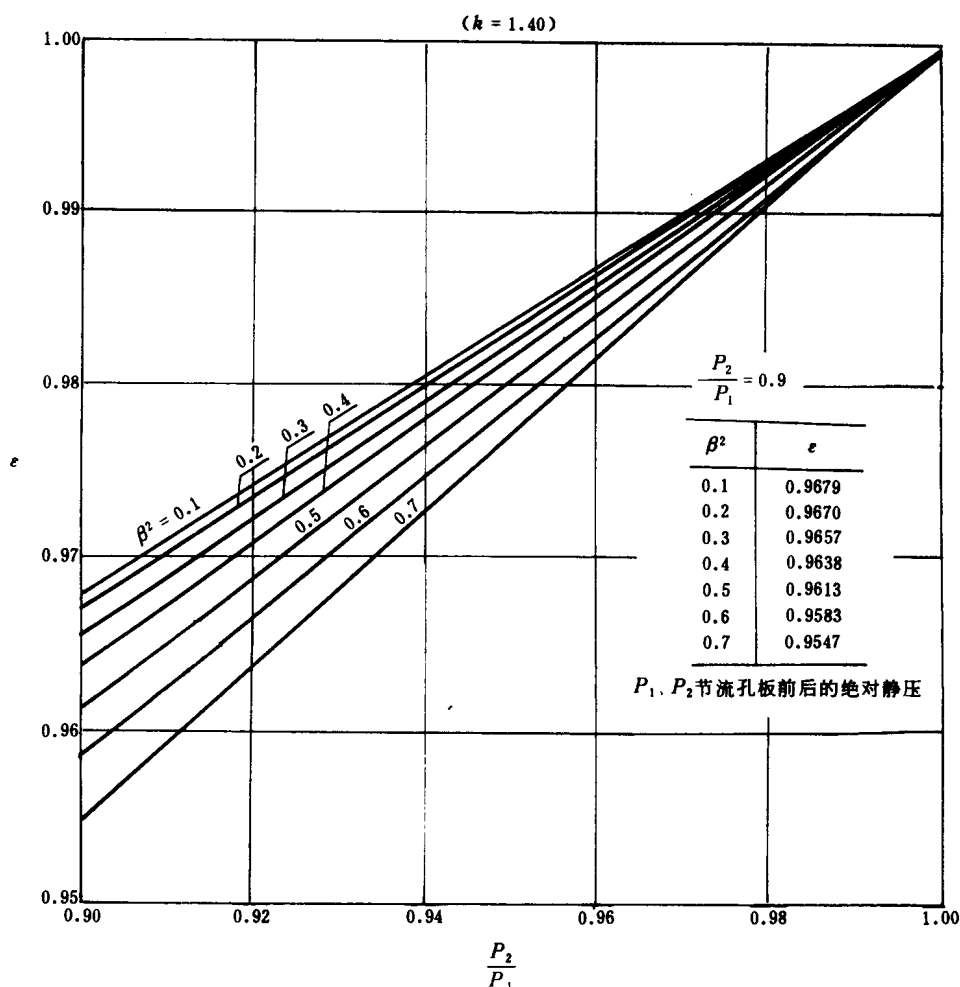


图 19

4.6.1.2 系列模型试验：孔板流量系数 α 和空气膨胀系数 ε 按 GB 2624—81 规定求得。

4.6.2 采用动压管测量流量的方法，见 4.5.2 的规定。将图 4、5 测得的流量按下式换算为通风机进口流量。

$$Q = \frac{\rho_2}{\rho_a} Q_{2,P} = \frac{66.643 D_{2,P}^2 \sqrt{\rho_{2,P} p_{em, d2}}}{\rho_a}$$

$$\left\{ Q = \frac{\gamma_2}{\gamma_a} Q_{2,P} = \frac{208.7 D_{2,P}^2 \sqrt{\gamma_{2,P} p_{em, d2}}}{\gamma_a} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

当 $p_{st,2} < 2500 \text{ Pa}$ ($< 255 \text{ kgf/m}^2$) 时， $\rho_a = \rho_{2,P}$ ($\gamma_a = \gamma_{2,P}$)

4.6.3 采用进口集流器测量流量时，按 4.5.1 的规定进行，将图 2 和图 7 测得流量按下式换算为通风机进口流量：

$$Q = \frac{\rho_a}{\rho_1} Q_a = \frac{66.643 \alpha_n \varepsilon_n d_n^2 \sqrt{\rho_a \Delta p_n}}{\rho_1}$$

$$\left\{ Q = \frac{\gamma_a}{\gamma_1} Q_a = \frac{208.7 \alpha_n \varepsilon_n d_n^2 \sqrt{\gamma_a \Delta p_n}}{\gamma_1} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

当 $p_1 < 500 \text{ Pa}$ ($< 51 \text{ kgf/m}^2$) 时， $\rho_1 = \rho_a$ ($\gamma_1 = \gamma_a$)

4.6.4 测量孔板差压、动压管动压、集流器负静压时读数至少应精确到 $\frac{1}{100}$ 。若压力计液柱波动激烈时,可将导管卡紧到不致产生误差的程度。

4.7 温度测量

4.7.1 通风机进口气流温度

4.7.1.1 当通风机进口无辅助通风机时,应按4.10.2规定,将所测量的大气温度作为通风机进口温度。

4.7.1.2 当通风机进口有辅助通风机时,应将温度计插入靠近通风机进口的管路中,测量通风机进口温度。

4.7.2 通风机出口气流温度

4.7.2.1 通风机出口对大气敞开试验时,可将温度计固定在出口法兰上,并使其插入气流中以便测量通风机出口温度。该出口温度也可按4.7.2.4计算方法求得。

4.7.2.2 通风机出口有管路时,将温度计插入测试管路中,测量通风机出口温度。该出口温度亦可按4.7.2.4计算方法求得。

4.7.2.3 当通风机出口静压 p_{st2} 小于2500 Pa {255 kgf/m²}时,可不测出口温度,视通风机进口温度为出口温度。

4.7.2.4 通常情况下可按(14)式计算方法求得通风机出口温度:

$$t_2 = t_a + \frac{60 N_{in}}{C_p \rho_1 Q} \quad (14)$$

4.8 转速测量

4.8.1 采用合适的转速表,尽可能直接测量通风机主轴转速。当通风机有齿轮传动时,亦可测量电动机的转速后再乘以齿轮转速比求得通风机主轴转速。

4.8.2 若采用同步电动机驱动通风机时,也可根据电动机的极数和测量的电源频率,按下式确定转速:

$$n = \frac{60f}{\frac{P}{2}} \text{ (rpm)} \quad (15)$$

式中: f ——电源频率, 1/s;

P ——电动机极数。

4.8.3 采用机械转速表测量转速时,转速读数应在表盘刻度范围的1/3以上,并应精确读取到测量值的1/200。

4.8.4 对转速应在同一试验条件下测量三次,取平均值,其中任一读数不得超过平均值的0.5%;若使用累计式转速表时,测量时间应在30s以上。

4.9 功率测量

4.9.1 对于产品交货验收试验,通风机有传动装置时,应使用实际配套的传动装置进行测量;难以测量出该装置的损失功率时,可将其损失功率视为通风机轴功率的一部分。

4.9.2 电测法主要用于产品交货验收试验。电机应加载运行充分时间,以确保在正常的工作温度下运行。在电源电压偏差不大于 $\pm 6\%$,频率偏差不大于 $\pm 1\%$ 情况下,直接测量电流、电压、功率因数或功率等参数,将电动机的输入功率乘以电动机的效率(或减去电动机各种损失)得到通风机的轴功率。

4.9.2.1 电动机应经准确试验从而有其效率曲线或各种损失数值。

4.9.2.2 因电源设备或其它原因不能使用通风机的配套电动机时,试验用电动机额定功率不准大于通风机轴功率的两倍。

4.9.2.3 测量交流电动机功率的电表,必须和互感器匹配时,互感器的比值应使电表读数在表盘

刻度范围的1/3以上。

4.9.3 扭矩法

4.9.3.1 采用扭矩测量仪测量功率应符合下列要求：

a. 扭矩测量仪装在通风机的两个半联轴器（或变速器的联轴器）之间，直接测量轴的扭矩，并按下式计算轴功率：

$$N_{sh} = \frac{Fn}{9550} \quad \left\{ N_{sh} = \frac{Fn}{974} \right\} \dots\dots\dots (16)$$

b. 安装扭矩传感器时，应保证与通风机轴同心连接，联轴器必须是经过动平衡校正的，以避免振动所引起的测量误差。

c. 试验时的扭矩低于扭矩传感器1/3量程时，不能使用该扭矩传感器测量功率。

4.9.3.2 采用平衡电机测量功率应符合下列规定：

a. 平衡电机与通风机（或变速器）直接相连运转，在精确测量的扭矩力臂（力臂过电机轴中心）上加标准砝码（或精密拉力秤），测量平衡电机的定子与转子间相对扭矩，按下式计算轴功率：

$$N_{sh} = \frac{nL(G - \Delta G')}{9550} \quad \left\{ N_{sh} = \frac{nL(G - \Delta G')}{974} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

式中： $\Delta G'$ ——平衡电机空载时平衡荷重， $N\{kgf\}$ 。

b. 平衡电机轴上不能用皮带轮传动方式测量功率，因平衡电机受侧向拉力将降低其灵敏度，影响正确测量结果。

c. 试验时，在转速和载荷不变条件下，平衡砝码的读数应能读到测量值的 $\frac{1}{200}$ ，可读灵敏度不许超过平衡砝码读数的0.25%。

4.9.3.3 对于叶轮不直接装在电动机轴上的通风机内功率，为轴功率减去机械传动损失功率。机械传动损失功率可通过将叶轮从主轴上卸下用同样转速提供轴承试验负载，从而得到机械传动损失的扭矩 ΔF 或荷重 ΔG 的方法确定。内功率分别按下述两式计算：

扭矩测量仪测量

$$N_{in} = \frac{n(F - \Delta F)}{9550} \quad \left\{ N_{in} = \frac{n(F - \Delta F)}{974} \right\} \dots\dots\dots (18)$$

平衡电机测量

$$N_{in} = \frac{nL(G - \Delta G)}{9550} \quad \left\{ N_{in} = \frac{nL(G - \Delta G)}{974} \right\} \dots\dots\dots (19)$$

4.10 大气条件测量

4.10.1 大气压力计应安放在4.10.2规定的位置，不得受任何高温物体传热影响，并防止日光直射和大气对流的影响。

在试验过程中，每次测量的间隔时间应为30min。

4.10.2 温度计安放在通风机进气口前（有测试管路时，应在管路进气口前），在速度为零的区域中测量大气温度；温度场平均温度与最大温度差超过1℃时，应测量温度场，取其平均值。

4.10.3 干湿球温度计安放在4.10.2规定的位置测量，按附录B确定相对湿度。

4.10.4 水蒸汽饱和压力参照附录C（参考件）确定。

空气的气体常数按下式计算：

$$R = \frac{287}{1 - 0.378 \varphi \frac{P_v}{P_a}} \quad \left\{ R = \frac{29.27}{1 - 0.378 \varphi \frac{P_v}{P_a}} \right\} \dots\dots\dots (20)$$

在产品验收试验中，当测试环境温度为-15~40℃时空气常数可取 $R = 288.5 J/kg \cdot K$
 $\{R = 29.4 kg \cdot m/kgf \cdot K\}$

4.11 工况测量

4.11.1 通风机性能试验之前,应按4.2、4.3和4.4所规定的条件运转,经机械运转和全部仪表工作正常后,再进行各工况的测量。

当采用平衡电机测量功率时,在试验开始前,应以间隔相等时间为2~3 min取十次砝码荷重读数,绘制砝码荷重与时间函数曲线,当曲线表明荷重趋于稳定后,方可进行各工况的测量。

4.11.2 每一工况的测量之前,必须有足够时间确保压力、流量和温度稳定后,再按4.5、4.6、4.7、4.8、4.9、4.10规定同时取各仪表读数,并记录在记录纸上。

4.11.3 测量范围应符合下述规定:

a. 对于产品交货验收试验,在试验转速下,用流量调节器均匀改变通风机工况,测量的工况一般不得少于七个(其中应包含指定工况)。

b. 对于系列模型试验,应在指定转速下,用流量调节器从最大流量到零流量(即全开到全闭)均匀改变工况,测量的工况一般不得少于十个。然后再从零流量到最大流量进行测量,亦不得少于十个工况。后一次测量的每一工况,应分别选择在前一次测量的两工况之间。

4.11.4 喘振点的测量是在转速不变下,逐渐减小流量时,由于通风机产生的压力不稳定或脉动来确定的。测量的可靠性应由重复测量所证明。

由于喘振点的压力或流量极不稳定,难于进行准确测量,故将最小流量(即靠近喘振点流量的最小稳定流量)工况视为喘振点。

5 试验结果计算

5.1 测试数据的整理计算

测试数据的整理计算应根据不同试验装置,分别按表9所列公式进行计算。

5.2 试验结果的换算

试验结果的换算,应根据试验条件与通风机指定条件,按表10所列公式作相应换算。

表 9

测试装置 计算项目	风 筒 式 试 验 装 置				风 室 式 试 验 装 置	
	进 气 试 验		进 出 气 试 验		出 气 风 室 试 验	
	进 气 管	进 口 集 流 器	动 压 管	孔 板	进 气 风 室 试 验	
大 气	$\rho_a = P_a / RT_a \quad (\gamma_a = P_a / RT_a)$				$\rho_a = P_a / RT_a \quad (\gamma_a = P_a / RT_a)$	
进 气 口	$\rho_1 = \rho_a \cdot \frac{P_1}{P_a} \quad \left\{ \gamma_1 = \gamma_a \cdot \frac{P_1}{P_a} \right\}$ 当 $P_a < 500 P_a$ ($< 51 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_1 = \rho_a \quad (\gamma_1 = \gamma_a)$	$\rho_1 = \rho_a \quad (\gamma_1 = \gamma_a)$		$\rho_1 = \rho_a \quad (\gamma_1 = \gamma_a)$	$\rho_1 = \rho_a \cdot \frac{P_1}{P_a}$ $\left\{ \gamma_1 = \gamma_a \cdot \frac{P_1}{P_a} \right\}$ 当 $ P_{a,111} < 500 P_a$ ($< 51 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_1 = \rho_a \quad (\gamma_1 = \gamma_a)$	
出 气 口	$\rho_2 = \rho_a \cdot \frac{T_a}{T_2} \quad \left\{ \gamma_2 = \gamma_a \cdot \frac{T_a}{T_2} \right\}$ 当 $ P_{a,111} < 2500 P_a$ ($< 255 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_2 = \rho_a \quad (\gamma_2 = \gamma_a)$ T_2 由计算方法得出 $T_2 = 273 + t_a + \left(\frac{6.0 \times 10^4 N_{1a}}{c_p \rho_1 Q} \right)$ $c_p = 1000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$	$\rho_2 = \rho_a \cdot \frac{P_{112} \cdot T_a}{P_a \cdot T_2} \quad \left\{ \gamma_2 = \gamma_a \cdot \frac{P_{112} \cdot T_a}{P_a \cdot T_2} \right\}$ 当 $P_{a,112} < 1000 P_a$ ($< 102 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_2 = \rho_a \quad (\gamma_2 = \gamma_a)$ T_2 由计算方法得出 $T_2 = 273 + t_a + \left(\frac{6.0 \times 10^4 N_{1a}}{c_p \rho_1 Q} \right)$ $c_p = 1000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$		$\rho_2 = \rho_a \cdot \frac{T_a}{T_2}$ $\left\{ \gamma_2 = \gamma_a \cdot \frac{T_a}{T_2} \right\}$ 当 $ P_{a,111} < 2500 P_a$ ($< 255 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_2 = \rho_a \quad (\gamma_2 = \gamma_a)$ T_2 由计算方法得出 $T_2 = 273 + t_a + \left(\frac{6.0 \times 10^4 N_{1a}}{c_p \rho_1 Q} \right)$ $c_p = 1000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$	$\rho_2 = \rho_a \cdot \frac{T_a}{T_2}$ $\left\{ \gamma_2 = \gamma_a \cdot \frac{T_a}{T_2} \right\}$ 当 $ P_{a,111} < 2500 P_a$ ($< 255 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_2 = \rho_a \quad (\gamma_2 = \gamma_a)$ T_2 由计算方法得出 $T_2 = 273 + t_a + \left(\frac{6.0 \times 10^4 N_{1a}}{c_p \rho_1 Q} \right)$ $c_p = 1000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$	
上 游	$\rho_p = \rho_a \cdot \frac{P_{a,111}}{P_a} \quad \left\{ \gamma_p = \gamma_a \cdot \frac{P_{a,111}}{P_a} \right\}$ 当 $ P_{a,111} < 500 P_a$ ($< 51 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_p = \rho_a \quad (\gamma_p = \gamma_a)$	$\rho_{2,p} = \rho_a \cdot \frac{P_{a,112} T_a}{P_a T_2} \quad \left\{ \gamma_{2,p} = \gamma_a \cdot \frac{P_{a,112} T_a}{P_a T_2} \right\}$ 当 $P_{a,112} < 1000 P_a$ ($< 102 \text{ kgf/m}^2$) 时 $\rho_{2,p} = \rho_a \quad (\gamma_{2,p} = \gamma_a)$		$\rho_p = \rho_a \cdot \frac{P_{a,111} T_a}{P_a T_p} \quad \left\{ \gamma_p = \gamma_a \cdot \frac{P_{a,111} T_a}{P_a T_p} \right\}$ 当 $P_{a,p} < 1000 P_a$ (102 kgf/m^2) 时 $\rho_p = \rho_a \quad (\gamma_p = \gamma_a)$	$\rho_p = \rho_a \cdot \frac{P_{a,111} T_a}{P_a T_p}$ $\left\{ \gamma_p = \gamma_a \cdot \frac{P_{a,111} T_a}{P_a T_p} \right\}$ 当 $P_{a,p} < 1000 P_a$ (102 kgf/m^2) 时 $\rho_p = \rho_a \quad (\gamma_p = \gamma_a)$	

空 气 质 量 密 度
kg/m³

续表 9

测试装置		风筒式试验装置			风室式试验装置	
		进气试验		进出气试验	出气试验	
计算项目		动压管	进口集流器		动压管	孔板
流量 m ³ /min		$Q = \frac{66.643 D_{1,P}^2 \sqrt{A_1 P_{e,dl}}}{\rho_1}$ $\{ Q = \frac{208.7 D_{1,P}^2 \sqrt{r_P P_{e,dl}}}{\gamma_1} \}$	$Q = \frac{66.643 a_e d_m^2 \sqrt{\rho_2 \Delta P_a}}{A_1}$ $\{ Q = \frac{208.7 a_e d_m^2 \sqrt{r_P \Delta P_a}}{\gamma_1} \}$		$Q = \frac{66.643 a_e d_m^2 \sqrt{\rho_2 \Delta P_a}}{\rho_2}$ $\{ Q = \frac{208.7 a_e d_m^2 \sqrt{r_P \Delta P_a}}{\gamma_2} \}$	$Q = \frac{66.643 a_e d_m^2 \sqrt{\rho_2 \Delta P_a}}{\rho_1}$ $\{ Q = \frac{208.7 a_e d_m^2 \sqrt{r_P \Delta P_a}}{\gamma_1} \}$
				$P_{d1} = \frac{\rho_1}{7200} \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2$ $\{ P_{d1} = \frac{\gamma_1}{70608} \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 \}$		
压力 P _a (kgf/m ²)	动压	$P_{d2} = \frac{\rho_1}{7200} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2$ $\{ P_{d2} = \frac{\gamma_1}{70608} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2 \}$		$P_{d2} = \frac{\rho_1}{7200} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2$ $\{ P_{d2} = \frac{\gamma_1}{70608} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2 \}$		$P_{d2} = \frac{\rho_1}{7200} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2$ $\{ P_{d2} = \frac{\gamma_1}{70608} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2 \}$
	静压	$P_{s11} = P_{e,sl1} \left[1 - \left(\frac{A_{1,P}}{A_1} \right)^2 \right]$ $\cdot P_{e,m,dl} - \Delta l$ $\Delta l = P_{e,m,dl} \left(0.025 \frac{l_1}{D_{1,P}} \right)$	$P_{s11} = P_{e,sl1} + P_{d1,P} - P_{d1} - \Delta l$ $P_{d1,P} = \frac{\rho_1}{7200} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_{1,P}} \left(\frac{Q}{A_{1,P}} \right)^2$ $\{ P_{d1,P} = \frac{1}{70608} \cdot \frac{1}{r_{1,P}} \left(\frac{Q}{A_{1,P}} \right)^2 \}$ $\Delta l = P_{d1,P} \left(0.025 \frac{l_1}{D_{1,P}} \right)$		$P_{s11} = -P_{d1}$	$P_{s11} = P_{e,sl1} - P_{d1}$
	出气口	$P_{s12} = 0$	$P_{s12} = P_{e,sl2} + P_{d2,P} - P_{d2} - \Delta_2 = P_{d2,P} \left(0.025 \frac{l_2}{D_{2,P}} \right)$ $P_{d2,P} = \frac{\rho_1}{7200} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_{2,P}} \left(\frac{Q}{A_{2,P}} \right)^2$ $\{ P_{d2,P} = \frac{\gamma_1}{70608} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_{2,P}} \left(\frac{Q}{A_{2,P}} \right)^2 \}$		$P_{s12} = P_{e,sl2}$	$P_{s12} = 0$

续表 9

测试装置		风 筒 式 试 验 装 置					风 室 式 试 验 装 置	
		进 气 试 验		进 出 气 试 验	出 气 试 验		出 气 风 室 试 验	
		动 压 管	进口集流器		动 压 管	孔 板		
计 算 项 目	进 气 口	$p_1 = p_{s11} + p_{01}$			$p_1 = 0$		$p_1 = p_{e, s11}$	
	全 压							
	出 气 口	$p_2 = p_{02}$			$p_2 = p_{s12} + p_{02}$		$p_2 = p_{02}$	
	进 气 口	$p_{s11} = p_s + p_{01}$						
	出 气 口	$p_{s12} = p_s$		$p_{s12} = p_s + p_{02}$		$p_{s12} = p_s$		
	进 气 口	$p_1 = p_s + p_1$			$p_1 = p_s$		$p_1 = p_s + p_1$	
	出 气 口	$p_2 = p_s + p_2$						
	动 压	$p_0 = p_{02}$						
	静 压	$p_{s1} = (-p_{01}) - p_{01}$		$p_{s1} = p_{s12} - p_{01} - p_{01}$	$p_{s1} = p_{02}$		$p_{s1} = (-p_{e, s11})$	
	全 压	$p = p_{s1} + p_0$						
功 率	电 测	$N_{1a} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot u \cdot \cos \varphi}{1000} \eta_{e1} - N_t$						
	扭 矩 仪	$N_{1a} = \frac{n}{9550} (F - \Delta F) \quad \left\{ N_{1a} = \frac{n}{974} (F - \Delta F) \right\}$						
	平 衡 电 机	$N_{1a} = \frac{nL}{9550} (G - \Delta G) \quad \left\{ N_{1a} = \frac{nL}{974} (G - \Delta G) \right\}$						

续表 9

测试装置		风筒式试验装置				风室式试验装置	
		进气试验		进出气试验		出气试验	
		进气管	进口集流器	动压管	孔板	出气风室试验	进气风室试验
计算项目							
功率 kW	电测	$N_{sh} = \frac{\sqrt{3} I u \cos \varphi}{1000} \eta_e$					
	扭矩仪	$N_{sh} = \frac{n}{9550} F$ $\{ N_{sh} = \frac{n}{974} F \}$					
	平衡电机	$N_{sh} = \frac{nL}{9550} (G - \Delta G')$ $\{ N_{sh} = \frac{nL}{974} (G - \Delta G') \}$					
效率	全压	$\eta_{ia} = \frac{Q p K_p}{6.0 \times 10^4 N_{ia}}$ $\{ \eta_{ia} = \frac{Q p K_p}{6.12 \times 10^3 N_{ia}} \}$					
	静压	$\eta_{st, ia} = \frac{Q A_1 K_{pst}}{6.0 \times 10^4 N_{ia}}$ $\{ \eta_{st, ia} = \frac{Q A_1 K_{pst}}{6.12 \times 10^3 N_{ia}} \}$					
	效率	$\eta = \frac{Q p K_p}{6.0 \times 10^4 N_{sh}}$ $\{ \eta = \frac{Q p K_p}{6.12 \times 10^3 N_{sh}} \}$					
无量纲	流量系数	$\varphi = \frac{Q}{\frac{60\pi}{4} D_{imp}^2 u_{imp}}$					
	压力系数	$\psi = \frac{p K_p}{\rho_1 u_{imp}^2}$ $\{ \psi = \frac{p K_p}{\frac{\rho_1}{r_1} u_{imp}^2} \}$					
	全压						

续表 9

测试装置		风 筒 式 试 验 装 置				风 室 式 试 验 装 置	
		进 气 试 验		进 出 气 试 验		出 气 试 验	
		动 压 管	进口集流器			动 压 管	孔 板
计算项目	无 因 次 量	静 压		进 出 气 试 验		出 气 试 验	
		压 力 系 数				风 室 试 验	
		动 压				风 室 试 验	
压 缩 性 修 正 系 数	功 率 系 数	$\psi_{st} = \frac{P_{st} \cdot K_{pst}}{\rho_1 u_{imp}^2}$		$\psi_{st} = \frac{P_{st} \cdot K_{pst}}{\rho_1 u_{imp}^2}$		$\left\{ \psi_{st} = \frac{P_{st} \cdot K_{pst}}{\gamma_1^2 u_{imp}^2} \right\}$	
		$\psi_d = \frac{P_d \cdot K_{pd}}{\rho_1 u_{imp}^2}$		$\psi_d = \frac{P_d \cdot K_{pd}}{\rho_1 u_{imp}^2}$		$\left\{ \psi_d = \frac{P_d \cdot K_{pd}}{\gamma_1^2 u_{imp}^2} \right\}$	
		$\lambda = \frac{1000 N_{in}}{\pi D_{imp}^2 \rho_1 u_{imp}^3}$		$\lambda = \frac{102 N_{in}}{\pi D_{imp}^2 \gamma_1^3 u_{imp}^3}$			
压 缩 性 修 正 系 数	功 率 系 数	$K_p = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{p} \left[\left(1 + \frac{p}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$		$K_p = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{p} \left[\left(1 + \frac{p}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$		$K_p = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{p} \left[\left(1 + \frac{p}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$	
		$K_{pst} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{P_{st}} \left[\left(1 + \frac{P_{st}}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$		$K_{pst} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{P_{st}} \left[\left(1 + \frac{P_{st}}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$		$K_{pst} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \frac{P_1}{P_{st}} \left[\left(1 + \frac{P_{st}}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right]$	
		$K_{pd} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \left\{ \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right\}$		$K_{pd} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \left\{ \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right\}$		$K_{pd} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \left\{ \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \right\}$	
压 缩 性 修 正 系 数	功 率 系 数	当 $P_{st} < 2500 P_a$		当 $P_{st} < 2500 P_a$		当 $P_{st} < 2500 P_a$	
		$\{ < 255 \text{ kgf/m}^2 \}$ 时		$\{ < 255 \text{ kgf/m}^2 \}$ 时		$\{ < 255 \text{ kgf/m}^2 \}$ 时	
		$\left\{ \begin{matrix} K_p = 1 \\ K_{pst} = 1 \\ K_{pd} = 1 \end{matrix} \right\}$		$\left\{ \begin{matrix} K_p = 1 \\ K_{pst} = 1 \\ K_{pd} = 1 \end{matrix} \right\}$		$\left\{ \begin{matrix} K_p = 1 \\ K_{pst} = 1 \\ K_{pd} = 1 \end{matrix} \right\}$	

表 10

换算量	不考 虑 压 缩 性	考 虑 压 缩 性
流 量 m ³ /min	$Q_{co} = Q_{Te} \left(\frac{n_{co}}{n_{Te}} \right) \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^3$	
压 力 P _a (kgf/m ²)	通 风 机 动 压	$p_{d,co} = p_{d,Te} \left(\frac{\rho_{1,co}}{\rho_{1,Te}} \right)^2 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^2$ $\left\{ p_{d,co} = p_{d,Te} \left(\frac{\gamma_{1,co}}{\gamma_{1,Te}} \right)^2 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^2 \right\}$
	通 风 机 静 压	$p_{st,co} = p_{st,Te} \left(\frac{\rho_{1,co}}{\rho_{1,Te}} \right)^2 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^2$ $\left\{ p_{st,co} = p_{st,Te} \left(\frac{\gamma_{1,co}}{\gamma_{1,Te}} \right)^2 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^2 \right\}$
	通 风 机 全 压	$p_{co} = p_{Te} \left(\frac{\rho_{1,co}}{\rho_{1,Te}} \right)^2 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^2$ $\left\{ p_{co} = p_{Te} \left(\frac{\gamma_{1,co}}{\gamma_{1,Te}} \right)^2 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^2 \right\}$
内 部 功 率 kW	$N_{im,co} = N_{im,Te} \left(\frac{\rho_{1,co}}{\rho_{1,Te}} \right)^3 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^5$ $\left\{ N_{im,co} = N_{im,Te} \left(\frac{\gamma_{1,co}}{\gamma_{1,Te}} \right)^3 \left(\frac{D_{imp,co}}{D_{imp,Te}} \right)^5 \right\}$	
效率%	静压内效率	$\eta_{ist,co} = \eta_{ist,Te}$
	全压内效率	$\eta_{in,co} = \eta_{in,Te}$

$$\frac{K_{pd,co}}{K_{pd,Te}} = 0.99 \sim 1.01 \text{ 时;}$$

$$\frac{K_{pst,co}}{K_{pst,Te}} = 0.99 \sim 1.01 \text{ 时;}$$

$$\frac{K_{p,co}}{K_{p,Te}} = 0.99 \sim 1.01 \text{ 时;}$$

按不考虑压缩性公式进行换算

6 试验报告

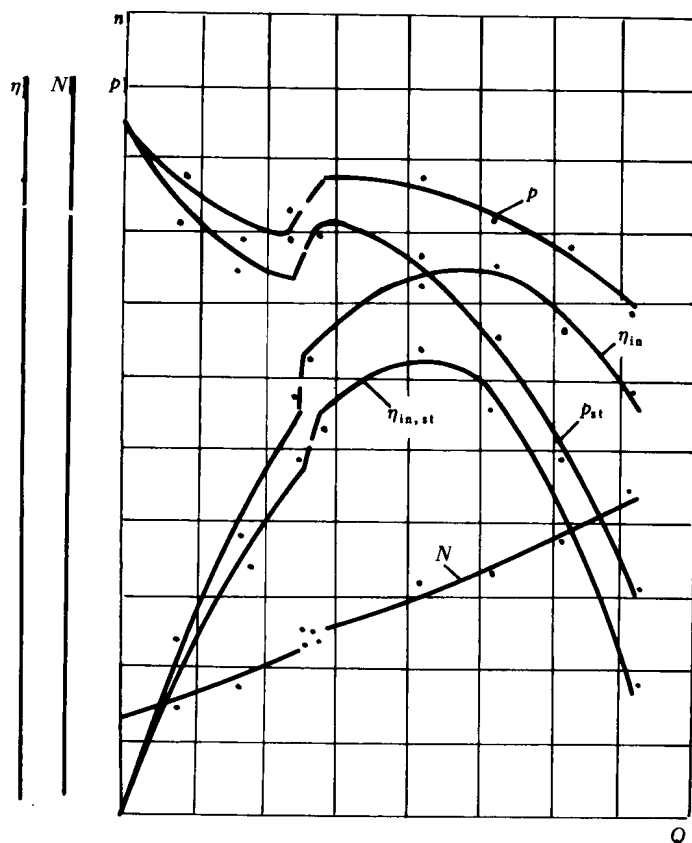
6.1 试验报告内容

- 测试记录汇总表（见表11）；
- 试验结果计算和换算（见表9和表10）；
- 气动性能曲线图（见6.2）；
- 试验布置简图；
- 试验过程中的问题简要记录；
- 试验结果分析。

6.2 气动性能曲线图的绘制

6.2.1 有因次气动性能曲线图

按4.11规定测试，并经表10换算后得到各工况的主要试验量，在方格坐标图上，以流量 Q 为横坐标，以通风机全压 p 、通风机静压 p_{st} 、轴功率 N_{sh} 、全压效率 η 、静压效率 η_{st} 为纵坐标，得到一系列各工况测试点，圆滑连接各测试点绘制成圆滑的曲线（见图20）。



型号:

$n_{Te} = 1450 \text{ rpm}$

$\rho_{Te} = 1.2 \text{ kg/m}^3$

$D = 0.6 \text{ m}$

试验方法:

进气试验方法

图 20

当其中个别试验点远离圆滑曲线时，应查明原因或重新试验。但应注意下述两种情况，不应连成圆滑曲线。

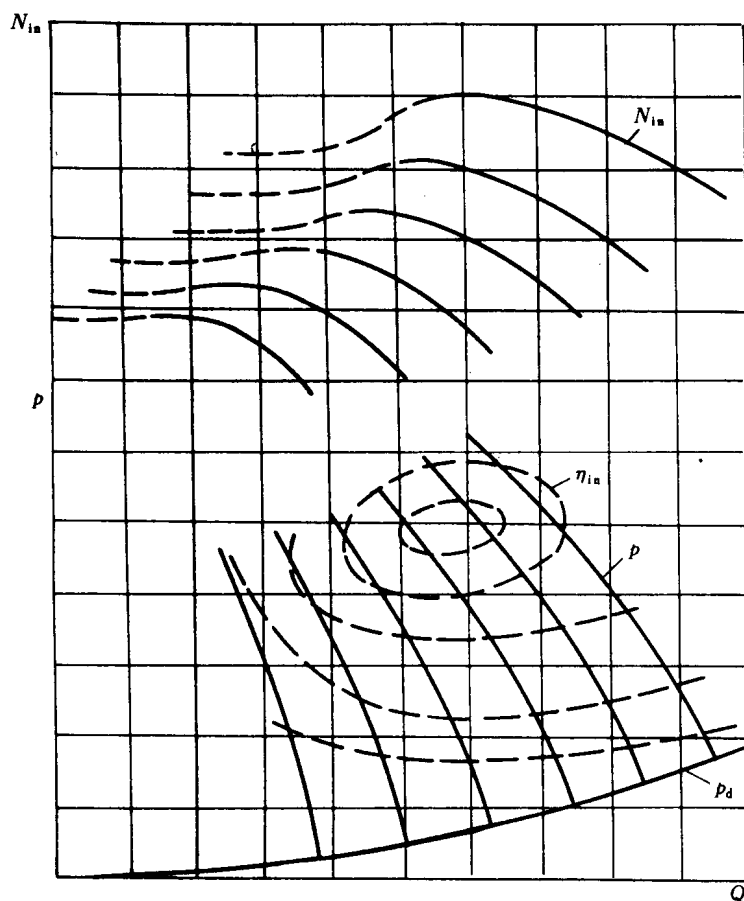
a. 通风机喘振是非稳定工况，性能波动较大，在喘振点左右两端不是圆滑曲线，当需给出喘振点左端性能曲线时，应根据实际试验点由虚线连接绘成折断曲线（见图20）。

b. 有些类型后向离心式通风机，在大流量区，往往会存在不稳定工况，遇有此情况，应仔细测量，并绘制成折断曲线。

6.2.1.1 当通风机在设备装置上，不要求其动压时，在气动性能曲线图上，可不绘制通风机全压曲线和全压效率曲线，但应绘制动压曲线。

6.2.1.2 当通风机在设备装置上，使用其全压，而不要求其静压时，在气动性能曲线图上，可不绘制通风机静压曲线和静压效率曲线，但应绘制动压曲线。

6.2.1.3 对于特性可调的通风机应绘制可调特性曲线，在可调范围内适当分成若干档特性曲线族，在压力曲线上绘制平滑等效率曲线（见图21）。



型号:

$$n_{Te} = 1000 \text{ rpm}$$

$$\rho_{1Te} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 1.0 \text{ m}$$

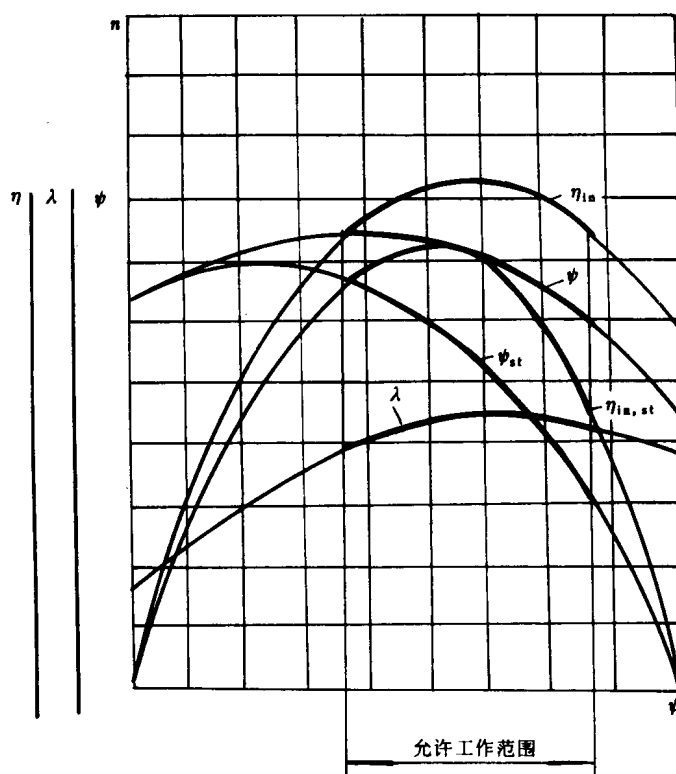
试验方法:

进气试验方法

图 21

6.2.2 无因次气动性能曲线

将由表 9 计算得到的主要无因次试验量值按 6.2.1 相同方法绘制无因次特性曲线。最好应绘制完整气动性能曲线图（即静压为零的最大流量和流量为零的完整区间），并在曲线图中标出通风机允许工作范围（见图 22）。



型号:

$$n = 1450 \text{ rpm}$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$D = 1.5 \text{ m}$$

$$K_p = 0.98$$

图 22

表 11 测试记录汇总

通风机型式规格 _____ 制造号 _____ 转速 _____ rpm
 电动机型号 _____ 功率 _____ kW 转速 _____ rpm
 通风机进口 $D_1 =$ _____ m, $A_1 =$ _____ m^2 ; 出口 $D_2 =$ _____ m, $A_2 =$ _____ m^2
 试验装置 _____ 风管直径 $D =$ _____ m
 试验电动机型号 _____ 功率 _____ kW 转速 _____ rpm
 流量测量方式 _____ $D =$ _____ m, $d =$ _____ m, $\beta =$ _____

测试工况序号		单位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
转 速												
大气状态	压力											
	温度											
	湿球温度											
	湿度											
进口风管	压力											
	温度											
出口风管	压力											
	温度											
流 量	动 压	进 口										
		出 口										
	孔板压差											
	进口集流器负压											
功 率	电 流											
	电 压											
	功率因数											
	效 率											
	功 率											
	机械损失扭矩											
	总扭矩											
	机械损失平衡重											
	总平衡重											

试验日期

年 月 日

测试人员

签字

附录 A
几种特殊结构试验装置
(补充件)

A.1 无机壳通风机试验装置

离心式或轴流式叶轮在无机壳情况下工作(如屋顶通风机和冷却通风机等),气流从叶轮出口排入大气或某一空间。为满足这一特殊结构要求,本标准推荐图A1试验装置。

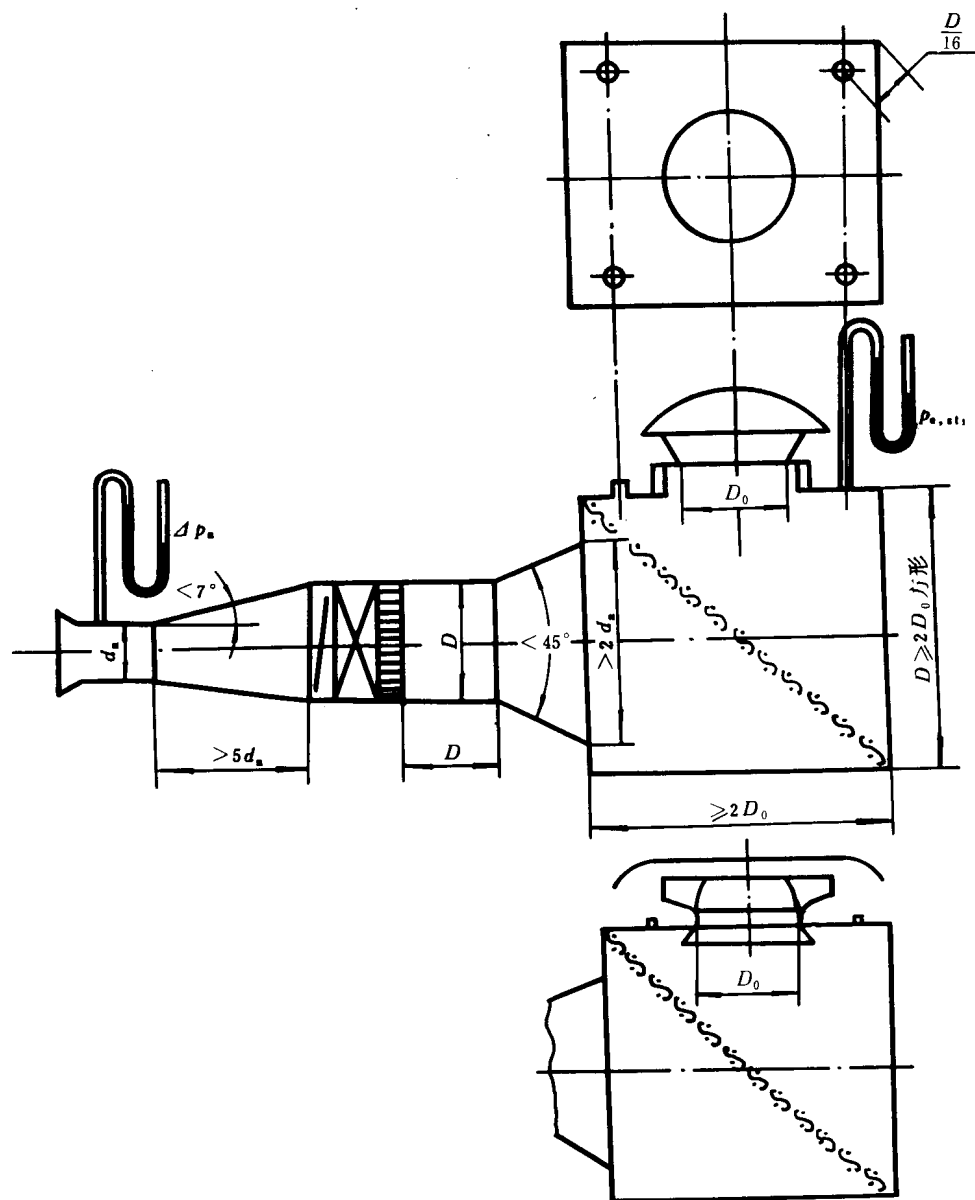


图 A1

A.1.1 图A1腔室为方形,整流网有效面积为45%,倾斜安装,在腔室顶平面上开静压测孔,测孔应符合3.3.3规定。

A.1.2 无机壳通风机,通常在大流量下工作,图A1辅助通风机是必须的,并应符合3.6.2规定。

A.1.3 当无机壳通风机在使用场合下, 叶轮进口和出口有集流器和整流罩时, 应以实际结构或以模拟结构安装在图A1的腔室上试验。叶轮进口与腔室连接应符合3.7.2.2规定。

A.1.4 无机壳通风机通常不计算通风机动压, 在性能曲线图上不须绘制全压曲线。若必须绘制全压曲线时, 应按表9规定公式计算通风机动压, 按下述规定确定通风机出口面积:

- a. 离心式叶轮为外圆周出口面积;
- b. 轴流式叶轮为外直径与轮毂间的环面积。

A.2 双吸通风机试验装置

A.2.1 双吸通风机做联合试验时, 推荐按图A2所示装置进行。

A.2.1.1 通风机流量为两进口管路所测流量之和。

A.2.1.2 进口管路损失按单一管路计算值确定。

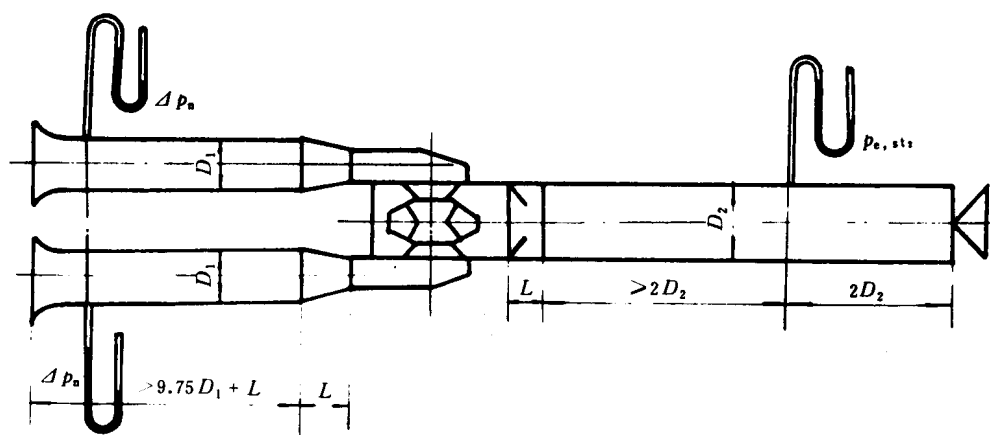


图 A2

A.2.2 当腔室尺寸大于双吸通风机的两进口管路尺寸时, 双吸通风机可在图A3所示装置上进行。图A3未示出部分应符合图8规定。

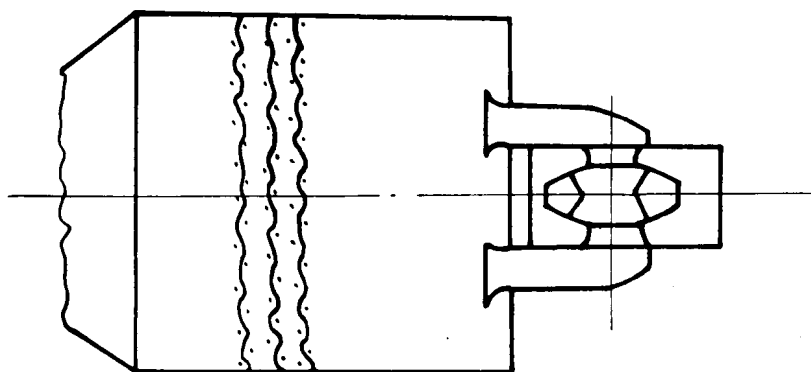


图 A3

A.3 风室和风管组合试验装置

A.3.1 在风室上为模拟通风机使用条件, 其进口或出口装有风管时的试验, 推荐图A4、A5和A6试验装置。对于大型通风机更为合适。

A.3.2 图A4适用于引风用通风机。

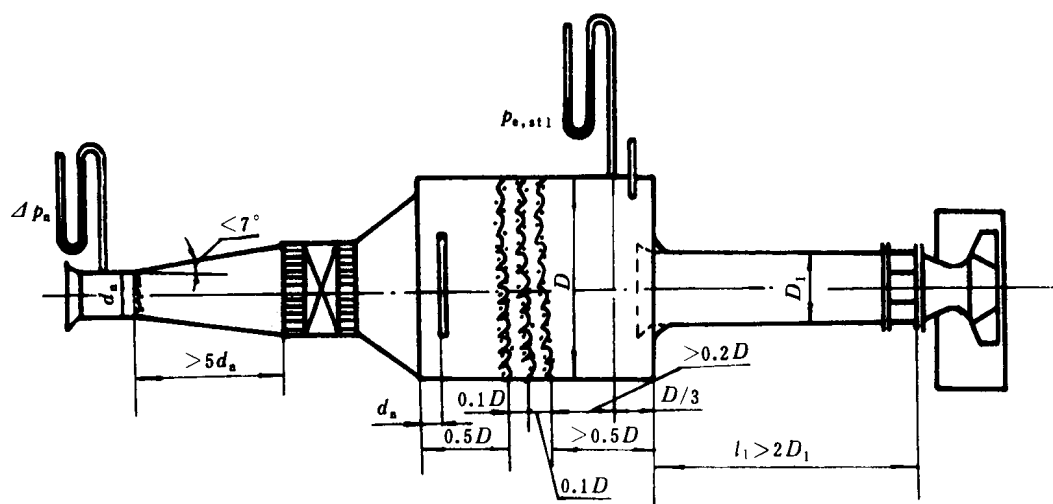


图 A4

$$p_{st} = p_{e, st1} - \xi_1 p_{d1}$$

式中: ξ_1 ——阻力系数,

$$\xi_1 = 0.025 \cdot \frac{l_1}{D_1}$$

$$p_{d1} = \frac{\rho_1}{2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_a} \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2$$

$$\left\{ p_{d1} = \frac{\gamma_1}{2g} \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_a} \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 \right\}$$

压缩性修正系数按表 9 进气试验方法的公式计算。

A.3.3 图A5适用于鼓风用通风机。

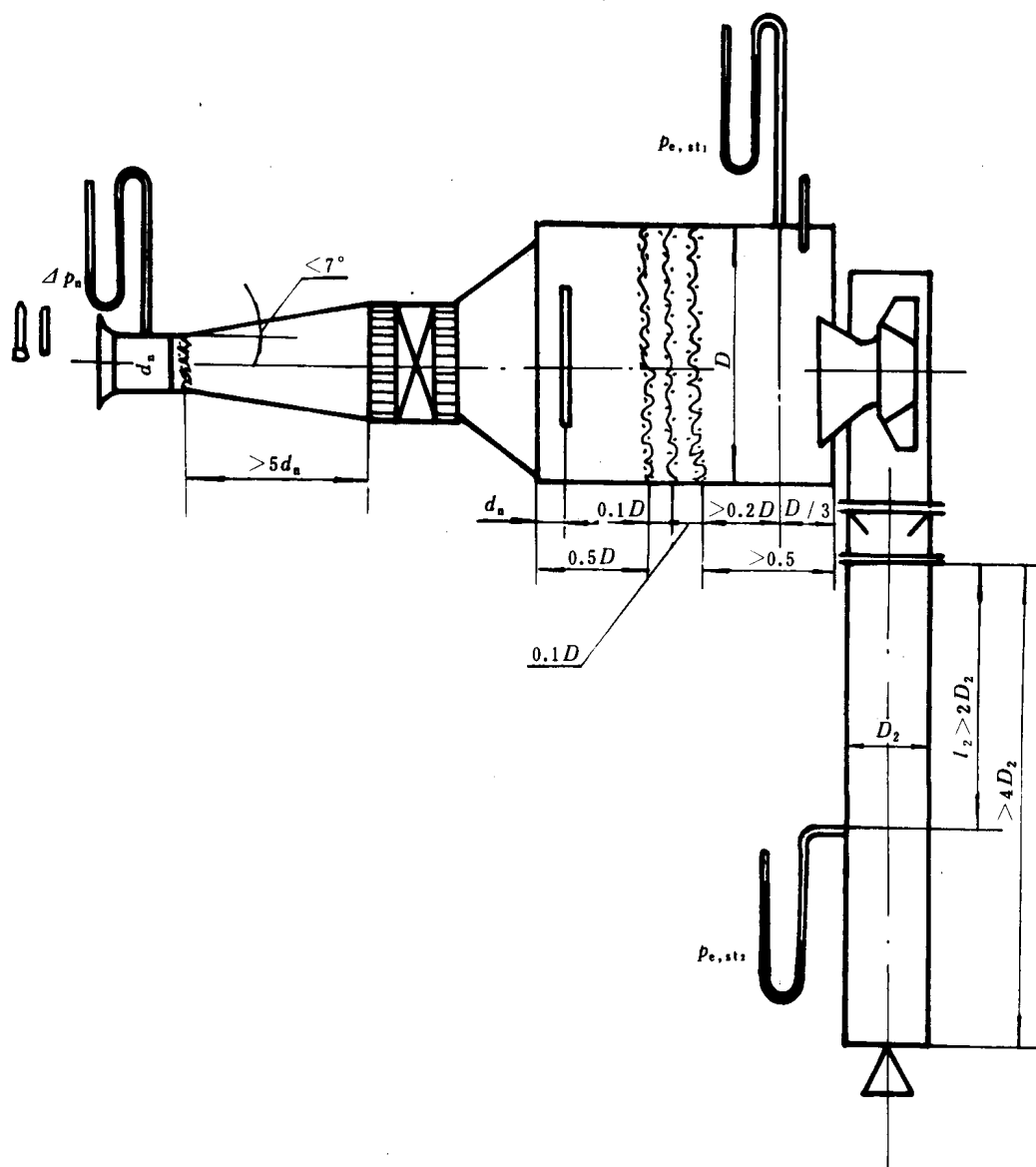


图 A5

$$p_{st} = p_{e, st2} + \xi_2 p_{d2}$$

式中: ξ_2 ——阻力系数,

$$\xi_2 = 0.025 \cdot \frac{l_2}{D_2}$$

测量时应保持 $p_{e, st1} = 0$

压缩性修正系数按表 9 出气试验方法的公式计算。

A.3.4 图A6适用于进出口装有管路的通风机。

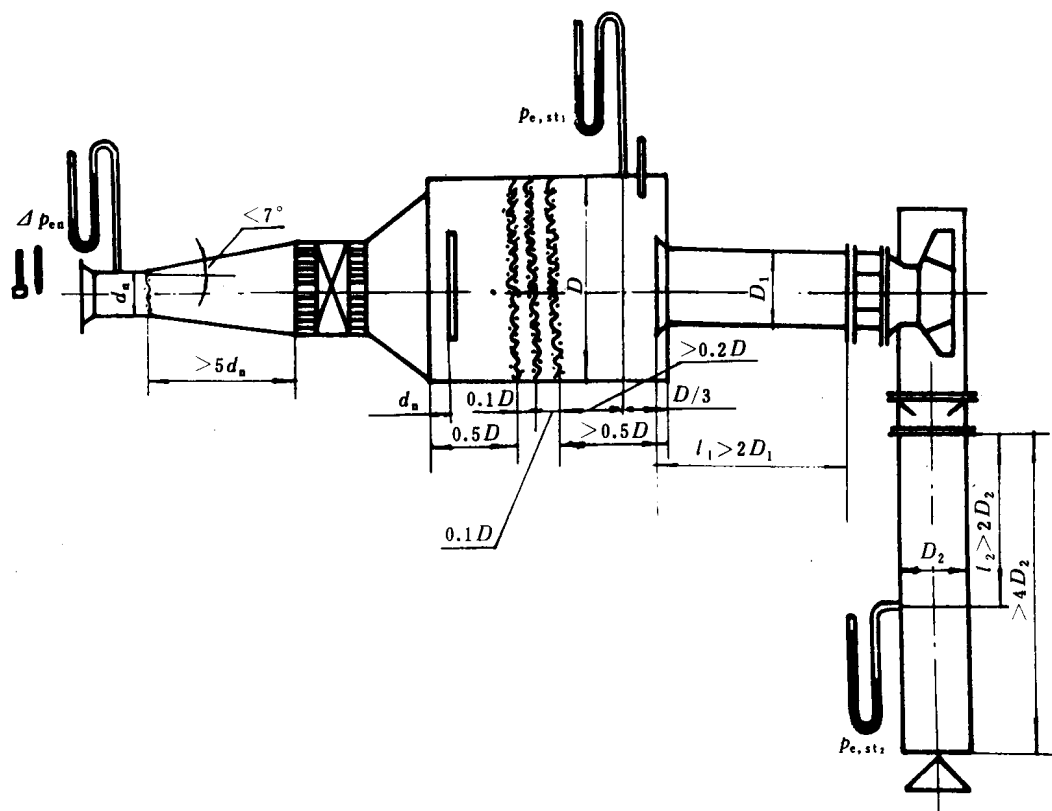


图 A6

$$p_{st} = p_{e,st2} - p_{e,st1} + \xi_1 p_{d1} + \xi_2 p_{d2}$$

式中: ξ_1 ——阻力系数,

$$\xi_1 = 0.025 \cdot \frac{l_1}{D_1}$$

$$p_{d1} = \frac{\rho_1}{2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_a} \cdot \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 \quad \left\{ \quad p_{d1} = \frac{r_1}{2g} \cdot \frac{r_1}{r_a} \cdot \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 \right\}$$

式中: ξ_2 ——阻力系数,

$$\xi_2 = 0.025 \cdot \frac{l_2}{D_2}$$

压缩性修正系数按表 9 联合试验方法的公式计算。

附 录
相对湿度
(补充)

φ 干湿球温度差℃	干 球						
	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2
0	95	96	97	97	98	98	100
0.2	90	91	93	94	96	96	97
0.4	84	85	87	90	92	92	94
0.6	79	80	82	85	88	89	91
0.8	73	75	77	81	84	85	86
1.0	67	70	73	77	80	82	84
1.2	61	64	68	73	76	78	80
1.4	54	59	64	69	72	74	77
1.6	48	54	59	65	69	71	75
1.8	43	49	55	61	65	68	72
2.0	38	45	51	57	62	65	68
2.2	32	41	47	53	58	61	64
2.4	26	37	43	49	55	57	61
2.6	20	32	39	45	51	54	59
2.8	15	27	35	41	47	51	56
3.0	10	22	32	38	44	48	53
3.2		18	28	34	41	45	49
3.4		14	24	30	37	42	47
3.6			21	27	34	39	44
3.8			18	24	31	36	41
4.0			15	22	29	33	39
4.2				19	26	30	36
4.4				16	24	27	33
4.6				13	21	25	31
4.8				11	19	22	28
5.0				9	17	20	25
5.5							18
6.0							12
6.5							
7.0							
7.5							
8.0							
8.5							
9.0							
9.5							
10.0							
10.5							
11.0							
11.5							
12.0							
12.5							
13.0							

温度, °C

[illegible]

续

φ t 干湿球温度差 $^{\circ}\text{C}$	干 球					
	24	26	28	30	32	34
0	100	100	100	100	100	100
0.5	96	96	96	96	96	96
1.0	92	92	93	93	93	93
1.5	88	88	88	89	89	89
2.0	84	84	85	86	86	87
2.5	80	81	82	83	83	84
3.0	76	77	78	79	80	81
3.5	72	73	74	75	76	78
4.0	69	70	71	72	74	75
4.5	65	66	67	69	71	72
5.0	62	64	65	66	68	69
5.5	59	61	62	63	64	65
6.0	56	58	59	61	62	63
6.5	52	54	56	58	60	61
7.0	49	50	53	55	57	58
7.5	46	48	51	53	55	56
8.0	43	45	47	50	52	53
8.5	40	43	45	47	49	51
9.0	37	40	42	44	46	48
9.5	34	37	40	42	44	46
10.0	31	34	37	40	42	44
11.0	26	29	32	35	37	39
12.0	20	34	27	30	32	34
13.0	15	19	22	25	27	30
14.0	10	14	17	20	23	26
15.0			12	16	19	22
16.0				13	16	18
17.0					12	15
18.0						12
19.0						
20.0						
21.0						
22.0						
23.0						
24.0						
25.0						
26.0						
27.0						
28.0						
29.0						
30.0						

表

温 度, °C

36	38	40	42	44	46	48	50
100	100	100	100	100	100	100	100
96	97	97	97	97	97	97	97
93	94	94	94	95	95	95	95
90	91	92	92	92	92	92	92
87	88	88	89	90	90	90	90
85	85	85	86	87	87	87	87
81	82	82	83	84	84	84	84
79	79	79	80	81	81	81	81
76	76	77	78	79	79	78	79
72	73	74	75	76	76	76	76
69	70	71	72	73	74	74	74
66	67	68	70	71	72	72	72
64	65	66	68	68	70	70	70
62	63	64	65	66	67	68	68
59	60	61	62	63	64	65	66
57	58	59	60	61	62	62	64
54	55	56	58	59	60	60	62
52	53	54	55	56	57	58	60
49	50	51	53	54	55	56	58
48	49	49	51	52	53	54	56
45	46	47	49	50	51	52	54
40	42	43	45	46	47	48	50
36	38	40	42	43	45	46	47
32	34	36	38	39	41	42	44
28	30	32	35	36	38	39	41
24	26	28	31	33	34	36	37
21	23	25	28	30	31	33	34
18	20	22	25	27	28	30	31
14	17	19	22	24	25	27	29
		17	19	21	22	24	26
		14	16	17	20	22	24
		11	13	15	17	19	21
		8	11	13	15	17	19
				10	12	14	16
				8	10	12	14
						10	12
						8	10

附 录 C
水蒸汽的饱和压力
(参考件)

温 度 ℃	饱 和 压 力 P_v N/m ²	干 蒸 汽 密 度 kg/m ³
-16	175.5	0.00129
-14	207	0.00153
-12	243	0.00183
-10	287	0.00217
-8	334	0.00256
-6	389.5	0.00301
-4	452	0.00354
-2	525	0.00415
0	610	0.00484
2	704	0.00557
4	812	0.00637
6	931	0.00726
8	1070	0.00828
10	1226	0.00941
11	1312	0.01003
12	1400	0.01067
13	1500	0.01138
14	1600	0.01205
15	1705	0.01283
16	1825	0.01366
17	1930	0.01449
18	2070	0.01536
19	2196	0.01629
20	2334	0.0173
21	2490	0.0183
22	2650	0.0194
23	2815	0.0203
24	2990	0.0215
25	3180	0.0230
26	3365	0.0244
27	3560	0.0258
28	3782	0.0272
29	4000	0.0287

续表

温 度 ℃	饱 和 压 力 P_v N/m ²	干 蒸 汽 密 度 kg/m ³
30	4240	0.0304
31	4490	0.0320
32	4760	0.0338
33	5030	0.0357
34	5330	0.0376
35	5620	0.0396
36	5950	0.0418
37	6285	0.0440
38	6630	0.0463
39	7010	0.0488
40	7380	0.0512
41	7800	0.0538
42	8200	0.0565
43	8650	0.0595
44	9120	0.0625
45	9600	0.0655
46	10100	0.0685
47	10600	0.0719
48	11190	0.0758
49	11770	0.0794
50	12180	0.0832
55	15800	0.1043
60	19900	0.1301
65	25000	0.1611
70	31200	0.1979
75	38550	0.2416
80	47400	0.2929
85	57850	0.3581
90	70500	0.4229
95	84500	0.5039
100	101325	0.5970

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由沈阳鼓风机研究所归口。

本标准由沈阳鼓风机厂起草。

本标准起草人王长祥。