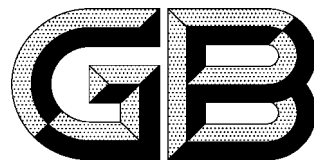


ICS 23.120
J 72



中华人民共和国国家标准

GB/T 10178—2006/ISO 5802:2001
代替 GB/T 10178—1988

工业通风机 现场性能试验

Industrial fans—Performance testing in situ

(ISO 5802 :2001, IDT)

2006-12-28 发布

2007-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
ISO 引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
4 测试的量	13
5 现场试验的一般条件和方法	14
6 仪表	15
7 通风机压力的测定	20
8 流量的测定	27
9 功率的测定	39
10 与通风机性能测定相关的不确定度	42
附录 A (规范性附录) 符合通用功率定律的限界测试线的位置	48
附录 B (规范性附录) 在附录 A 中未包括的限界测试线位置的确定	51
附录 C (规范性附录) 使用差压装置(DP 装置)测量流量的上游段和下游段最小直线 长度的要求	53
附录 D (规范性附录) 光滑直风管与标准化风道的损失容差	59
附录 E (规范性附录) 转叶式风速计校准	60
参考文献	62

前 言

本标准等同采用 ISO 5802:2001《工业通风机 现场性能试验》(英文版)。

本标准是对 GB/T 10178—1988《通风机现场试验》的修订,与 GB/T 10178—1988 相比主要变化如下:

- 将附录 F“通风机进口和出口静压的测量”列入本标准正文第 7 章“通风机压力的测定”中;
- 将附录 G“密度的测定”列入本标准第 6.4 条中;
- 增加了术语的定义及有关符号;
- 增加了通风机压力 p_F 定义及通风机静压 p_{sF} 定义;
- 增加了“与通风机性能测定相关的不确定度”;
- 增加了附录 D“光滑直风管与标准化风道的损失容差”和附录 E“转叶式风速计校准”;
- 取消了 GB/T 10178—1988 中的附录 A;
- 取消了 GB/T 10178—1988 中的附录 E。

为便于使用,本标准对 ISO 5802:2001 做了下列编辑性修改:

- “本国际标准”一词改为“本标准”;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- 删除了 ISO 5802:2001 的前言;
- 将国际标准的表达方法改为适用于我国的表达方法。

本标准所涉及到的已采用国际标准的国家标准一律用我国对应的国家标准。

本标准的附录 A~附录 E 都为规范性附录。

本标准从实施之日起,同时代替 GB/T 10178—1988。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国风机标准化技术委员会(SAC/TC 187)归口。

本标准起草单位:沈阳鼓风机研究所、上海鼓风机厂有限公司。

本标准主要起草人:姜韵竹、郑华、陈凤义、朱艳丽、万方。

ISO 引 言

某些时候,需要对现有的现场试验方法进行修改。考虑这些修改范围,把现场试验方法扩充为独立的文件更为合理。这有可能把已详细叙述的速度场法用到通常遇到的风道横截面上。增加一些说明性的附录,包括合理选择测量位置和仪表校正。

根据最近的国际协议,注意到现在通风机压力的定义为通风机进口和出口的滞止压力之差值。滞止压力是在流动气体中某点测得的绝对压力,如果该点处气流通过等熵过程而静止。当马赫数小于 0.2 时,滞止表压与全压的差在 0.6% 之内。

在本标准中,很少强调通风机静压的使用,它仅是个惯用的量。可预期它将随时间而停止使用。所有的流动损失本质上都是滞止压力的损失,并在现在的定义中已反映出来。

应承认,在现场条件下所测得的通风机性能没有必要与用标准化风道测得的试验结果相同。其差异的原因不仅是因现场试验的精度较低,而且还有因通风机进口和/或出口的连接管道造成的所谓“系统效应因素”或“装置效应”改变了通风机的性能。因此,必须要进行很好的连接。在本国际标准中,使用了与通风机邻接的“公用部件”,是为了使压力测量始终一致,并保证空气/气体以均匀的速度分布,无涡流和过分畸变地进入通风机。只有这些条件被满足时,现场条件下的性能才能与在标准化风道中测得的性能相同。

还应指出,在本标准中按照切贝切夫法(log-Tehebycheff)或线性法(log-Linear)规则确定速度场测量点的位置。除非取很多点的读数,否则,计算能导致相当大的误差(这些必须用图解法绘图和用测量面积法得出曲线下的面积。真实的平均速度为该面积除以纵坐标的尺寸)。

对测量截面两侧的直管段长度小于附录 C 中规定值时,引起的附加误差的评估已超出了本标准的范围。然而,正如 ISO/TR 5168 和 ISO 7194 中指出的,当存在显著的径向分量时,在 95% 的可信度下误差可能大大地超过正常预期值的 4%。

工业通风机 现场性能试验

1 范围

本标准适用于安装在工作管路上的通风机的一个工况点或多个工况点性能特性的测定。所测气体必须是单一的(单相的)。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款,通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2624—1993 流量测量节流装置 用孔板、喷嘴和文丘里管测量充满圆管的流体流量 (eqv ISO 5167-1:1991)

GB/T 1236—2000 工业通风机 用标准化风道进行性能试验(idt ISO 5801:1997)

GB 755—2000 旋转电机 定额和性能(idt IEC 60034-1:1996)

IEC 60051-8 直接作用指示模拟电气测量仪表及其附件 第8部分:对附属设备的特殊要求

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

空气 air

空气或其他气体的简称,在称之为大气时除外。

3.1.2

标准空气 standard air

指密度为 1.2 kg/m^3 的大气。

注:温度 16°C ,压力 $100\,000 \text{ Pa}$ 及相对湿度 65% 的大气具有密度 1.2 kg/m^3 ,但这些条件不作为定义的一部分。

3.1.3

通风机 fan

一种保持气体连续流动的旋转机械,通常压比不超过 1.3。

3.1.4

叶轮 impeller

通风机的旋转部件,通过其叶片将能量传送给空气。

3.1.5

机壳 casing

通风机的静止部件,使气流从通风机进口流向通风机出口。

3.1.6

管道 duct

气流速度与通风机进口或出口气流速度相当的风道。

3.1.7

风室 chamber

气流速度小于通风机进口或出口气流速度的风道。

3.1.8

过渡段 transition piece

横截面面积和/或形状逐渐变化的风道。

3.1.9

试验空间 test enclosure

安装通风机和试验风道的房间或其他不通风的空间。

3.1.10

管道的截面积 A_x area of the conduit section x

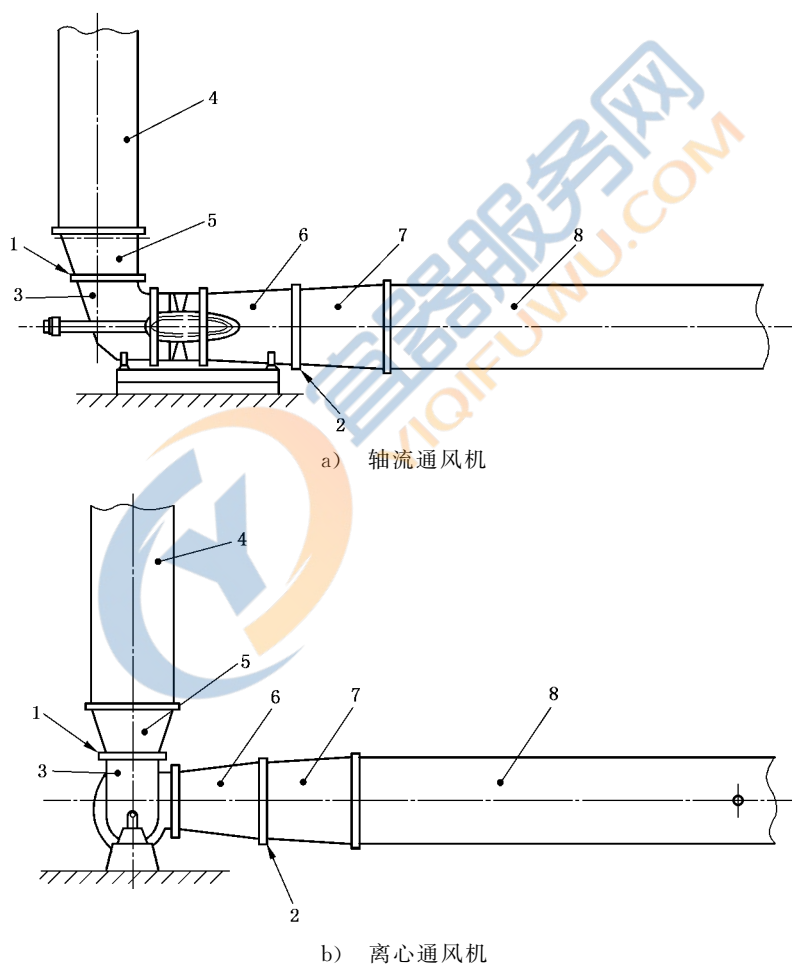
管道截面 x 的面积。

3.1.11

通风机进口面积 A_1 fan inlet area

通常取机壳进口平面的总面积。

注：取空气输送装置上游段末端的界面作为通风机进口平面。在本标准中通风机进口平面用平面 1 表示(见图 1)。



- 1——进口平面 1;
- 2——出口平面 2;
- 3——进气箱;
- 4——进口管道;
- 5——过渡接管;
- 6——扩散器;
- 7——过渡接管;
- 8——出口管道。

图 1 现场试验布置的平面图

3.1.12

通风机出口面积 A_2 fan outlet area

通常取机壳出口平面内不扣除电机、整流罩或其他障碍物的总面积。

注：取空气输送装置下游段始端的界面作为通风机出口平面。在本标准中通风机出口平面用平面 2 表示(见图 1)。

3.1.13

温度 t temperature

由热敏元件测得的空气或流体温度。

3.1.14

绝对温度 θ absolute temperature

热力学温度 $\theta = t + 273.15$

3.1.15

某点的滞止温度 θ_{sg} stagnation temperature at a point

滞止温度是在无能量或无热量交换的情况下,理想气体流动等熵滞止时的绝对温度。

注：滞止温度沿风道是不变的,对进口风管等于试验环境中大气的绝对温度。

3.1.16

静态或流体温度 θ static or fluid temperature

静态或流体温度是热敏元件以流体速度移动时的绝对温度。

$$\theta = \theta_{sg} - \frac{v^2}{2c_p}$$

式中： v ——流速,单位为米每秒(m/s)。

3.1.17

干球温度 t_d dry bulb temperature

干球温度是在试验环境中,靠近通风机进口或风道进口的干热敏元件所测得的空气温度。

3.1.18

湿球温度 t_w wet bulb temperature

湿球温度是用吸湿绳覆盖且露在空气中的湿热敏元件所测得的空气温度。

注：当正确测量时,大致接近绝热饱和温度。

3.1.19

截面 x 的滞止温度 θ_{sgx} stagnation temperature at a section x

规定风道截面面积上平均滞止温度的时间平均值。

3.1.20

截面 x 的静态或流体温度 θ_x static or fluid temperature at a section x

规定风道截面面积上静态或流体温度的时间平均值。

3.1.21

气体常数 R specific gas constant

对于理想气体,状态方程:

$$\frac{p}{\rho} = R \theta$$

3.1.22

进口滞止温度 θ_{sgl} inlet stagnation temperature

气体速度小于 25 m/s 的一个截面上,靠近通风机进口或进口管道的试验空间中的温度。

注：在此情况下,进口滞止温度可以认为等于环境温度。

$$\theta_{\text{sgl}} = \theta_a = t_a + 273.15$$

3.1.23

等熵指数 κ isentropic exponent

对于理想气体和等熵过程:

$$\frac{p}{\rho^\kappa} = \text{常数}$$

3.1.24

等压比热 c_p specific heat at constant pressure

对于理想气体:

$$c_p = \frac{\kappa}{\kappa - 1} R$$

3.1.25

等容比热 c_v specific heat at constant volume

对于理想气体:

$$c_v = \frac{R}{\kappa - 1}$$

3.1.26

压缩性系数 Z compressibility factor

$$Z = \frac{p}{\rho R \theta}$$

并且 Z 是 $\frac{p}{p_c}$ 和 $\frac{\theta}{\theta_c}$ 的函数。

式中:

p_c ——气体的临界压力;

θ_c ——气体的临界温度。

注: 对于理想气体: $Z=1$ 。

3.1.27

某一点的绝对压力 p absolute pressure at a point

在相对于周围空气静止时的某一点测得的绝对压力。

3.1.28

大气压力 p_a atmospheric pressure

通风机平均高度上, 自由大气的绝对压力。

3.1.29

表压 p_e gauge pressure

当基准压力是测量点的大气压力时的压力值。

注: 该值可能是正值, 也可能是负值。

$$p_e = p - p_a$$

3.1.30

某一点的绝对滞止压力 p_{sg} absolute stagnation pressure at a point

如果气流通过等熵过程而静止, 在该流动气体中某一点测得的绝对压力。

$$p_{\text{sg}} = p \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} Ma^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

式中: Ma 是在该点的马赫数。

3.1.31

某一点的动压 p_d **dynamic pressure at a point**

由该点空气的速度 v 和密度 ρ 进行计算的压力。

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2}$$

3.1.32

某一点的全压 p_t **total pressure at a point**

绝对滞止压力 p_{sg} 减去大气压力 p_a 。

$$p_t = p_{sg} - p_a = p_e + p_d$$

注：当马赫数小于 0.2, 马赫系数小于 1.01 时, 绝对滞止压力 p_{sg} 非常接近表压、大气压和动压之和。

$$p_{sg} \cong p_e + p_a + p_d$$

3.1.33

截面 x 的平均表压 p_{ex} **average gauge pressure at a section x**

在规定风道截面上平均表压对时间的平均值。

3.1.34

截面 x 的平均绝对压力 p_x **average absolute pressure at a section x**

在规定风道截面上平均绝对压力对时间的平均值。

$$p_x = p_{ex} + p_a$$

3.1.35

截面 x 的常规动压 p_{dx} **conventional dynamic pressure at a section x**

由规定风道截面上的平均速度和平均密度计算的动压。

$$p_{dx} = \rho_x \frac{v_{mx}^2}{2} = \frac{1}{2\rho_x} \left(\frac{q_m}{A_x} \right)^2$$

3.1.36

通风机动压 p_{dF} **fan dynamic pressure**

由质量流量、出口平均气体密度和通风机电口面积计算的通风机电口的常规动压。

$$p_{dF} = \rho_2 \frac{v_{m2}^2}{2} = \frac{1}{2\rho_2} \left(\frac{q_m}{A_2} \right)^2$$

3.1.37

截面 x 的绝对滞止压力 p_{sgx} **absolute stagnation pressure at a section x**

用该截面上的马赫系数 F_{Mx} 修正的常规动压 p_{dx} 与平均绝对压力 p_x 之和。

$$p_{sgx} = p_x + p_{dx} F_{Mx}$$

注：此绝对滞止压力可以用下式进行计算：

$$p_{sgx} = p_x \left(1 + \frac{\kappa-1}{2} Ma_x^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$$

3.1.38

截面 x 的平均全压 p_{tx} **average total pressure at a section x**

当马赫数小于 0.122 时, 马赫系数 F_M 可以忽略不计。即：

$$p_{tx} = p_{ex} + p_{dx} = p_{sgx} - p_a$$

3.1.39

通风机电压力 p_F **fan pressure**

通风机电出口滞止压力和通风机电进口滞止压力之差值。

$$p_F = p_{sg2} - p_{sg1}$$

3.1.40

通风机静压 p_{sF} fan static pressure

通常规定为通风机压力减去用通风机出口马赫系数修正的通风机动压。

$$p_{sF} = p_{sg2} - p_{dF} F_{M2} - p_{sg1} = p_2 - p_{sg1}$$

3.1.41

某一点的马赫数 Ma Mach number at a point

某一点的气体速度与声速之比。

注：对于理想气体

$$Ma = \frac{v}{\sqrt{\kappa R_w \theta}}$$

式中： R_w 为湿气体的气体常数。

3.1.42

截面 x 的马赫数 Ma_x Mach number at a section x

规定风道截面 x 的平均气流速度与声速之比。

$$Ma_x = \frac{v_{m,x}}{\sqrt{\kappa R_w \theta_x}}$$

3.1.43

马赫系数 F_M Mach factor

某一点动压的修正系数，由下式给出：

$$F_M = \frac{p_{sg} - p}{p_d}$$

注：马赫系数可按下式计算：

$$F_M = 1 + \frac{Ma^2}{4} + \frac{Ma^4}{40} + \frac{Ma^6}{1600} + \dots \quad (\text{当 } \kappa = 1.4)$$

3.1.44

进口滞止密度 ρ_{sgl} stagnation inlet density

由进口滞止压力 p_{sgl} 和进口滞止温度 θ_{sgl} 计算的密度。

$$\rho_{sgl} = \frac{p_{sgl}}{R_w \theta_{sgl}}$$

3.1.45

截面 x 的平均密度 ρ_x average density at a section x

由绝对压力 p_x 和静态温度 θ_x 计算的流体密度。

$$\rho_x = \frac{p_x}{R_w \theta_x}$$

3.1.46

平均密度 ρ_m mean density

进口和出口密度的算术平均值。

$$\rho_m = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

3.1.47

截面的平均质量流量 q_m mean mass flowrate at a section

单位时间内通过规定风道截面的流体质量对时间的平均值。

注：质量流量在通风机风道系统内(除泄漏外)的各截面上是相同的。当通风机没有密封时，可适当的取通风机进口或取通风机出口的质量流量。

3.1.48

进口滞止容积流量 q_{Vsg1} inlet stagnation volume flow
质量流量除以进口滞止密度。

$$q_{Vsg1} = \frac{q_m}{\rho_{sg1}}$$

3.1.49

出口滞止容积流量 q_{Vsg2} outlet stagnation volume flow
质量流量除以出口滞止密度。

$$q_{Vsg2} = \frac{q_m}{\rho_{sg2}}$$

3.1.50

截面 x 的容积流量 q_{Vx} volume flow at a section x
质量流量除以风道截面 x 的平均密度值。

$$q_{Vx} = \frac{q_m}{\rho_x}$$

3.1.51

截面 x 的平均速度 v_{mx} average velocity at a section x
风道截面 x 上的容积流量除以该截面面积。

$$v_{mx} = \frac{q_{Vx}}{A_x}$$

注：这是气体速度在截面上垂直分量对时间的平均值。

3.1.52

通风机单位质量功 y_F fan work per unit mass
通过通风机的单位质量流体机械能的增量。

$$y_F = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{v_{m2}^2}{2} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

注： y_F 可按 3.1.57 中的规定进行计算。

3.1.53

通风机单位质量静功 y_{Fs} fan static work per unit mass

$$y_{Fs} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} - \frac{v_{m1}^2}{2}$$

3.1.54

通风机压比 r_{Fp} fan pressure ratio

通风机出口平面的平均绝对滞止压力与其进口平面的平均绝对滞止压力之比。

$$r_{Fp} = \frac{p_{sg2}}{p_{sg1}}$$

3.1.55

进口密度与平均密度之比 k_ρ density ratio of inlet density to mean density
通风机进口的流体密度除以通风机内平均密度。

$$k_\rho = \frac{2\rho_1}{\rho_1 + \rho_2}$$

3.1.56

压缩性修正系数 k_p compressibility coefficient

通风机对空气作的机械功与同样质量流量、进口密度及压比的不可压缩流体所作的功之比。

注 1：假设等熵压缩在通风机机壳无热传导的情况下，所作功由叶轮功率推导出。

注 2： k_p 由下式给出：

$$k_p = \frac{(\kappa - 1) \rho_{sg1} P_r \log_{10} r_{Fp}}{\kappa q_m p_F \log_{10} \left[1 + \frac{(\kappa - 1) \rho_{sg1} P_r (r_{Fp} - 1)}{\kappa q_m p_F} \right]}$$

3.1.57

通风机空气功率 P_u fan air power

常规的输出功率为质量流量与通风机单位质量功的乘积或进口容积流量、压缩性修正系数与通风机压力的乘积。

$$P_u = q_m y_F \cong q_{Vsg1} k_p p_F$$

3.1.58

通风机静空气功率 P_{us} fan static air power

常规的输出功率为质量流量与通风机单位质量静功的乘积或进口容积流量、压缩性修正系数和通风机静压的乘积。

$$P_{us} = q_m y_{Fs} = q_{Vsg1} k_p p_{sF}$$

3.1.59

叶轮功率 P_r impeller power

供给通风机叶轮的机械功率。

3.1.60

通风机的轴功率 P_a fan shaft power

供给通风机轴的机械功率。

3.1.61

电机输出功率 P_o motor output power

电机或其他原动机的输出轴功率。

3.1.62

电机输入功率 P_e motor input power

电机驱动装置端子上供给的电功率。

注：在其他驱动形式下，通常对原动机不使用输入功率的术语。

3.1.63

转速 n rotational speed

通风机叶轮每分钟的转数。

3.1.64

旋转频率 N rotational frequency

通风机叶轮每秒钟的转数。

3.1.65

叶尖速度 u tip speed

叶轮叶片外缘的圆周速度。

3.1.66

圆周马赫数 Ma_u peripheral Mach number

等于圆周速度与通风机进口滞止条件下气体声速之比的无量纲参数。

$$Ma_u = \frac{u}{\sqrt{\kappa R_w \theta_{sg1}}}$$

3.1.67

通风机马赫数 Ma_F fan Mach number

参数换算用的常规量。

注：通风机的圆周速度与标准空气中的音速之比。

$$Ma_F = \frac{\pi D_r n}{60c}$$

式中：c=340 m/s,用于大气温度下。

3.1.68

通风机叶轮效率 η_f fan impeller efficiency

通风机空气功率 P_u 除以叶轮功率 P_r 。

3.1.69

通风机叶轮静效率 η_{sr} fan impeller static efficiency

通风机静空气功率 P_{us} 除以叶轮功率 P_r 。

3.1.70

通风机轴效率 η_a fan shaft efficiency

通风机空气功率 P_u 除以通风机轴功率 P_a 。

注：通风机轴功率包括轴承损失，而通风机叶轮功率不包括这一损失。

3.1.71

通风机电机轴效率 η_o fan motor efficiency

通风机空气功率 P_u 除以电机输出功率 P_o 。

3.1.72

总效率 η_e overall efficiency

通风机空气功率 P_u 除以通风机与电机组合的电机输入功率 P_e 。

3.1.73

面积为 A_x 截面 x 的动能系数 α_{Ax} kinetic energy factor at a section x of area A_x

无量纲系数，等于通过所确定的面积 A_x 按时间平均的单位质量动能通量除以通过该面积的平均空气速度对应的单位质量动能。

$$\alpha_{Ax} = \frac{\iint_{A_x} (\rho v_n v^2) dA_x}{q_m v_{mx}^2}$$

式中：

v ——绝对速度；

v_n ——垂直于横截面的速度分量。

注：对于本标准，通常 α_{Ax} 等于 1。

3.1.74

截面 x 的动能指数 i_{kx} kinetic index at a section

无量纲系数，等于截面 x 上的单位质量的动能与通风机的单位质量功之比。

$$i_{kx} = \frac{v_{mx}^2}{2y}$$

3.1.75

截面 x 的雷诺数 Re_x Reynolds number at a section x

该参数是截面 x 上的速度、密度及相关标准长度（风管直径、叶片弦长）的乘积除以动力黏度。

$$Re_x = \frac{\rho_x v_{mx} D_x}{\mu_x}$$

注：它是确定流动状态的无量纲参数，常用作标度参数。

3.1.76

通风机雷诺数 Re_f fan Reynolds number

通风机的圆周速度、进口密度和叶轮直径的乘积除以通风机进口的动力黏度。

$$Re_F = \frac{\rho_1 \pi n D_r^2}{60 \mu_1}$$

注：它是用作标度参数的常规量。

3.1.77

摩擦损失系数 (ζ_{x-y})_y **friction loss coefficient**

管道截面 x 和 y 之间的摩擦损失的无量纲系数,用截面 y 的速度和密度计算。

注：对不可压缩流体：

$$\Delta p_{x-y} = \frac{1}{2} \rho_y v_{my}^2 (\zeta_{x-y})_y$$

3.1.78

通风机流量系数 ϕ **fan flow coefficient**

无因次量,等于质量流量除以平均密度与叶轮圆周速度和叶轮直径平方的乘积。

$$\phi = \frac{q_m}{\rho_m u D_r^2}$$

3.1.79

通风机单位质量功系数 ψ **fan work per unit mass coefficient**

无因次量,等于通风机单位质量功除以叶轮圆周速度的平方。

$$\psi = \frac{y}{u^2}$$

3.1.80

通风机功率系数 λ_p **fan power coefficient**

无因次量,等于叶轮功率除以平均密度与叶轮圆周速度的立方及叶轮直径的平方的乘积。

$$\lambda_p = \frac{P_r}{\rho_m u^3 D_r^2}$$

3.2 符号

A	管道截面面积	m^2
A_x	管道截面 x 的面积	m^2
A_w	给定温度下水蒸气分压修正系数	
A_1	通风机进口面积	m^2
A_2	通风机出口面积	m^2
b	管壁到最近测试点的距离	m
c	空气中的声速	m/s
c_p	等压比热	$J/(kg \cdot K)$
c_v	等容比热	$J/(kg \cdot K)$
d	速度探针头部直径	mm
D	圆形截面管道内径	m
D_a	环形管道的最小内径	m
D_e	非圆形管道横截面的当量直径	m
D_h	管道水力直径	m
D_r	叶轮直径	m
e	环形管道中环的厚度	m
e_{pF}	通风机压力不确定度	
e_q	流量不确定度	
e_{Δ}	特性曲线不确定度	

f	附加误差	
f_i	加权系数	
F	近似系数	
F_M	马赫系数	
g	重力加速度	m/s ²
h	采用直角坐标时探针至基准壁面的水平距离	m
h_u	相对湿度 ($h_u = \frac{p_v}{p_{\text{sat}}}$)	
H	矩形截面风管的高度	m
i_k	排气动能指数	
i_{kx}	截面 x 的动能指数	
I	电流	A
k_p	压缩性修正系数	
k_ρ	密度比	
l	测试线长度	m
l_a	横坐标 a 测试线长度	m
l_o	横坐标 o 测试线长度	m
l_x	横坐标 x 测试线长度	m
L	矩形截面风管的长度或任意形截面的最大长度	m
L_D	风管的长度	m
L_p	垂直于距探针最近管壁方向上的风管内部尺寸	m
Ma	某一点的马赫数	
Ma_F	通风机马赫数	
Ma_x	截面 x 的马赫数	
N	叶轮旋转频率	r/s
n	叶轮转速	r/min
N_r	测试线的数量	
p	对空间和时间的流体平均压力,即绝对静压	Pa
p_a	大气压力(绝对)	Pa
p_d	某一点的动压	Pa
p_{dx}	截面 x 的动压	Pa
p_{dF}	通风机动压	Pa
p_e	表压	Pa
p_{esgx}	截面 x 的滞止表压	Pa
p_{ex}	截面 x 的平均表压	Pa
p_F	通风机(滞止)压力	Pa
pl	壁面速度渐近特性定律指数的倒数(考虑壁面粗糙度和雷诺数的数值)	
p_{sat}	饱和蒸汽压力	Pa
p_{sF}	通风机静压	Pa
p_{sg}	某一点的绝对滞止压力	Pa
p_{sgx}	截面 x 的绝对滞止压力	Pa
p_t	某一点的全压	Pa
p_{tx}	截面 x 的全压	Pa

p_v	水蒸汽的分压	Pa
p_x	截面 x 的平均绝对压力	Pa
p_1	进口平面的绝对静压	Pa
p_2	出口平面的绝对静压	Pa
P_a	供给通风机轴的机械功率	W
P_e	电机输入功率	W
P_f	摩擦损失功率	W
P_o	驱动器输出轴有效功率	W
P_r	供给通风机叶轮的机械功率	W
P_u	通风机空气功率	W
P_{us}	通风机静空气功率	W
q_m	质量流量	kg/s
q_V	容积流量	m ³ /s
q_{Vr}	实际容积流量	m ³ /s
q_{Vs}	对应于使用差压装置的标准条件下容积流量	m ³ /s
q_{Vsg1}	滞止状态的进口容积流量	m ³ /s
q_{Vsg2}	滞止状态的出口容积流量	m ³ /s
q_{Vx}	截面 x 的容积流量	m ³ /s
r	管道半径	m
r_{Fp}	通风机压比	
r_A	孔板的面积比	
R	气体常数	J/(kg·K)
R_D	管道半径极限值	m
R_{ex}	截面 x 的雷诺数	
R_w	湿空气的气体常数	J/(kg·K)
S	等量孔特性曲线的比例斜率	
t	由热敏元件测得的空气或流体温度	°C
t_d	干球温度	°C
t_x	截面 x 上的静态温度	°C
t_w	湿球温度	°C
u	叶轮圆周速度	m/s
U	电流的电压	V
v	当地绝对速度	m/s
v_a	试验截面上的轴向速度	m/s
v_m	v 的时间平均值	m/s
v_{m1}	进口平面上的绝对速度的时间平均值	m/s
v_{m2}	出口平面上的绝对速度的时间平均值	m/s
v_{mx}	截面 x 上的绝对速度的时间平均值	m/s
v_n	垂直于横截面的分速度	m/s
$v_x(y)$	沿横坐标 x 测试线测定的速度分布图	m/s
V	流体的容积	m ³
y	采用直角坐标时探针至基准壁面的垂直距离	m
y_F	通风机单位质量功	J/kg

y_{Fs}	通风机单位质量静功	J/kg
z	通风机相对基准面的平均高度	m
z_1	通风机进口相对基准面的平均高度	m
z_2	通风机出口相对基准面的平均高度	m
Z	压缩性系数	
α_A	气体动能系数	
α_{A1}	在面积为 A 的进口平面的动能系数	
α_{A2}	在面积为 A 的出口平面的动能系数	
δq_V	容积流量 q_V 的绝对误差	m^3/s
Δp	差压	Pa
Δq_V	测定容积流量 q_V 的绝对极限误差	m^3/s
Δz	气压表与通风机平均高度之间的高度差	m
ϵ	膨胀系数	
η_a	通风机轴效率	
η_e	总效率(或装置效率)	
η_M	电机效率	
η_f	通风机叶轮效率	
η_{sr}	通风机叶轮静效率	
η_{tr}	传动效率	
κ	比热比(等压比热与等容比热)	
λ	摩擦阻力系数	
λ_p	通风机功率系数	
ζ	摩擦损失系数($\zeta = \lambda \cdot L \cdot D_n^{-1}$)	
μ_x	截面 x 上流体的动力黏度	Pa·s
μ_1	通风机进口流体的动力黏度	Pa·s
ρ	流体密度	kg/m^3
ρ_m	平均密度	kg/m^3
ρ_{12}	进、出口密度对时间的算术平均值	kg/m^3
ρ_x	截面 x 上的平均密度	kg/m^3
ρ_1	进口截面的平均密度	kg/m^3
ρ_2	出口截面的平均密度	kg/m^3
ρ_{sg1}	进口滞止密度	kg/m^3
θ	绝对温度	K
θ_{sg}	某点的滞止温度	K
$\theta_{sg,x}$	截面 x 的滞止温度	K
θ_x	截面 x 的静态或流体温度	K
ϕ	通风机流量系数	
ψ	通风机单位质量功系数	

4 测试的量

通风机及其所属装置中的气体流动均为不稳定流。在通风机的额定工作范围,表征流动状态和位移的量,在系统阻力保持恒定、转速波动保持在 0.5% 以内时,存在着稳定的时间平均值。

为减少气流脉动对测试特性的影响,可在适当的时间内进行多次重复测量,使计算的平均值更真实

地代表所要求的时间平均值,则该值是实际上的稳定值。

对于不带支管的风道中某一气密段(图 1 的进口平面 1~出口平面 2)通风机产生的稳定流,以下式作为通风机对气体作用的定义基础。

$$y = \frac{P_u}{q_m} = \frac{p_2 - p_1}{\rho_m} + \frac{\alpha_{A2} v_{m2}^2}{2} - \frac{\alpha_{A1} v_{m1}^2}{2} + g(z_2 - z_1)$$

按照惯例,对本标准 $\alpha_{A2} = \alpha_{A1} = 1$ 。

5 现场试验的一般条件和方法

5.1 一般建议

进行现场试验前应检查通风机的功能是否正常。

在通风机与流量和压力测量面之间的风道应无明显的内、外漏气现象。通风机进出口之间不得存在未规定的气体循环。

为保障试验操作人员安全及机器免受损坏所采取的措施,不对通风机的气动性能有任何影响。

在验收试验之前,供方有权检查通风机工作情况是否良好并进行必要的调整。

5.2 只改变系统阻力情况下的测试点选择

对于不带调节装置(如:变速调节、动叶可调或进口导叶可调)的通风机,在检查单一规定的工况点并只改变系统阻力的情况时,测量至少取三个工况点,其选择方法如下:

- 最小流量点的选择,其流量或流量系数值应小于规定点的值,如有可能应在规定点的 85%~90%之间。
- 最大流量点的选择,其流量或流量系数值应大于规定点的值,如可能应在规定点的 110%~115%之间。
- 中间流量点的选择,其流量或流量系数值应尽量接近规定点的值,如可能应在规定点的 97%~103%之间。

对于不带调节装置的通风机,在检查一个以上规定的工况点并只改变风道系统阻力时,测试点的选择方法如下:

- 选择的测试点必须对应于各规定点,这样当需要对流量值修正时,可将与规定转速有关的转速变化计入。或通风机的流量系数值应尽可能接近规定点的值。如可能应在规定点的 3%以内。
- 两个相邻测试点的流量或流量系数的变化,不得超过规定点流量或流量系数算术平均值的 10%。
- 测试点的范围应向规定点的两侧扩展。

若减少工况点的数量和范围,可经各方协商解决。

5.3 带调节装置的通风机

通风机带调节装置时,应通过同时调节通风机调节装置和风道系统阻力获得一个测试点。这样,使该测试点的流量和压力尽可能接近对应的规定点的值。如可能偏差应小于 4%。

建议通过初步测试确定调节装置的适当整定值。

对已取得的各测点,应在保持调节装置的调节位置不变,通过只改变系统阻力并按单一工况点的规定,增加辅助测试点。

5.4 可改变系统阻力的系统节流装置

为得到通风机特性曲线的各个点,应通过系统节流减少流量或打开旁通阀增加流量。在安装这些装置时,应注意不得干扰测量段或通风机内的气流流动。

最好避免两个节流装置串联,这样可能会使气流产生脉动。

系统节流装置应尽可能对称,并且不得引起涡流。最好将其安装在通风机的下游段。否则,应尽可能

能将其安装在远离通风机进口的上游段位置。必须确保在安装位置所产生的扰流对测量和通风机的工
作没有明显的影响。

在任何情况下,系统节流装置必须安装在距通风机至少 $5D_h$ 的下游段或至少 $10D_h$ 的上游段, D_h
表示管道的水力直径。

注1:该长度对于测量通风机前后侧的气流压力和流量是够用的。

注2:水力直径 D_h 等于4倍的截面积除以内周长。对于圆截面等于该截面的几何直径。

必须注意:上述距离对通风机气流扰动减至最小通常不一定够用。

当发现有重大疑问时,在控制的流量的条件下,必须进行适当的检查。

在不干扰通风机和测量段内流动状态的情况下,允许采用改变通风机工况点的其他方法(例如:通
风机串联或并联)。

5.5 系统阻力不可改变的情况下测试点的选择

在风道系统的阻力不能改变时,只能在一个工况点测试。在这种情况下,各方应对只进行单一工况
点测试达成协议。

5.6 对试验推导出的系数的规定

在试验期间,测量的气体密度和黏度及通风机的转速值,未超过通风机雷诺数相关规定值的10%
时,由试验推导出的无因次系数不必修正。

6 仪表

6.1 压力测量仪表

6.1.1 气压表

在试验空间测得的大气压,其误差应不超过 $\pm 0.3\%$ 。

直读汞柱型气压表应读出最接近的100 Pa(1 mbar)或最接近的1 mm汞柱的读数,气压表应按标
准进行校准,对读数的修正按GB/T 1236—2000中的规定。如果预定刻度适于仪表区域 g 值(± 0.01
 m/s^2 内)和室温($\pm 10^\circ\text{C}$ 内)修正可以是不必要的。

如果无液型或压力传感型气压表的校准精度为 ± 200 Pa,则可以使用。并且在试验时检查校准。

气压表应装在封闭的试验空间内。如果位于其他地方,对于超过10 m的高度差,应加上校正值
 $\rho_a \cdot g \cdot \Delta z$,单位为Pa。

6.1.2 压力计

测量差压的压力计的误差,在稳定压力条件下以及加上校准校正值(包括校准温度的温差),不得超
过有效压力的 $\pm 1\%$ 或1.5 Pa,取较大者。

应采用有效压力为通风机额定负荷时的压力或在测定额定容积流量时相应压力计的差压。额定负
荷在正常情况下,接近通风机特性的最佳效率点。

压力计在正常情况下应是立式的或倾斜的液柱型的,但是,可以采用带有指示或记录仪表的压力传
感器,而且要有同样的精度和校准要求。

校准应在连续稳定的压力下进行,使压力顺序升高和降低以检查差值。基准仪表应是高精度的压
力表或微压计,该表可以读出精度为 $\pm 0.25\%$ 或0.5 Pa,取较大者。

压力计应在通风机的平均高度上安装和校准,如果高度差超过10 m,应按6.1.1中的有关规定加
以修正。

6.1.3 压力计的阻尼

压力计读数的快速波动可通过阻尼进行限制,这样便于估计的平均读数在有效压力的 $\pm 1.0\%$ 以
内。该阻尼可以是接压力计的空气接头或者是仪表管内的液体。该阻尼应是线性的,而且型式应能保
证在任意方向的移动阻力是相同的。阻尼不应过大,以致阻止了较慢变化的正常显示。如果发生上述
现象,则应取足够数量的读数,以便确保平均数在有效压力的 $\pm 1.0\%$ 的范围内。

如果要求线性阻尼,则可采用在压力计的任何一侧装上一个小孔径的短管或者玻璃毛细管的方法来达到。

6.1.4 压力计的检查

液柱压力计应在其试验位置进行检查,以确定其校准是否接近有效压力。斜管压力计应经常进行液位检查。如有故障应重新检查校准。

所有压力计的零读数,在每次连续读数之前和之后,在仪表无干扰的情况下均应进行检查。应注意,连接到其他仪表的所有管子和接头应保证无阻塞或泄漏。

6.2 空气流速的测量

6.2.1 皮托静压管

应使用在 GB/T 1236—2000 中所述的、不用预先校正的皮托静压管。

采用皮托静压管连接压力计测得差压(Δp),其流速由下式计算:

$$v = \left[\frac{2\Delta p}{\rho} \right]^{1/2}$$

测量差压的下限取决于测量所要求的精度和所选用的微压计的精度。一般情况下,在测量段中的任何一个测量点上,当压差小于 10 Pa 时,不推荐使用皮托静压管。

为了使测量截面内由速度梯度所引起的流量误差保持在可忽略的限度内,皮托管头部直径 d 与风管的水力直径 D_h 之比 d/D_h 应不超过 0.02。

应使用符合下列条件的皮托静压管:

- 制造的皮托静压管应符合所规定的尺寸规范。
- 皮托静压管头部轴线与风管轴线的夹角应在 $\pm 5^\circ$ 内,为此可提供适当的装置。
- 测量期间,皮托静压管应保持就地固定。
- 皮托静压管头部轴线与风管壁间的距离应大于皮托管头部直径。
- 皮托管头部直径现场雷诺数应大于 500。这意味着对大气压力和温度下的空气,就地速度 v (m/s) 不得小于 $v = 7.5/d$, 式中: d 为皮托管头部直径,单位为 mm。
- 各测试点的气流方向与管道轴线的夹角一般情况下应不超过 10° ,对少数的测点可以达到 15° 。这角度可以通过下述方法之一进行测量:

——带有三个孔的圆柱型探针,而且至少要有两个压力计,使用与皮托静压管相同的孔测量是较简单的方法。

——带指示器的风向标。

——带有径向叶片和转速测量的风速表。

测试点标记装置应在位于测量段的下游段,其总的阻塞面积应不大于测量截面面积的 2.5%。

速度探针必须以振动最小方式予以固定,测量所用支管和电缆的安装位置亦不能干扰测量。

为了不影响管壁附近的测量,探针、管子及电缆的开口处应进行气密。

测量截面的几何形状应尽可能简单。

当马赫数超过 0.2(相当于标准空气中约为 70 m/s)时,考虑到压缩性效应的修正系数列入公式,采用由皮托静压管测量的结果时,用下式可以计算出现场的气流速度。

$$v = \epsilon \left[\frac{2\Delta p}{\rho} \right]^{1/2}$$

其中: $\epsilon = \left[1 + \frac{Ma^2}{4} + \frac{2-\kappa}{24} Ma^4 \right]^{-1/2}$

$$\epsilon \cong \left[1 - \frac{1}{2\kappa} \cdot \frac{\Delta p}{p} + \frac{\kappa+1}{6\kappa^2} \left(\frac{\Delta p}{p} \right)^2 \right]^{1/2}$$

该公式限于下列条件有效:

$$\frac{\Delta p}{p} \leq 0.3 (\text{当 } \kappa = 1.4)$$

6.2.2 转叶式风速计

转叶式风速计限于在测量平面上的任意点不存在明显的速度脉动的条件下使用。其使用条件为：

- a) 风速计应好用,并在试验前后须经有关各方公认的权威机构校准(推荐使用方法见附录 E)。
- b) 风速计轴线应尽可能平行于风管轴线,当测量误差必须保持在 1%以内时,则气流方向与风速计轴线夹角在任一测试点均不得超过 5°。
- c) 仪表直径应小于测量截面最小直径的 1/10。
- d) 如认定存在不规则速度分布,则应采用直径更小的风速计,并增加测试点数。
- e) 仪表的中心与管壁之间的距离不得小于仪表直径的 3/4。
- f) 仪表支架应具有足够的刚度以防止自振,并且对气流产生的干扰应尽可能小。
- g) 因为测量精度与读数值和气流均匀性有很大关系,故最小读数值应至少为风速计开始旋转时速度的 3 倍。

6.2.3 其他仪表

如果速度过低,使用皮托管和转叶式风速计不能提供良好精度时,推荐采用其他仪表(如:文丘里管、摆叶式风速计、热线风速仪等)。

在 6.2.2 中对转叶式风速计提出的条件也适用于上述仪表。

应注意,规定的校准涉及全套仪表,应包括探头、连接管及指示器。其中热线风速仪特别适用于紧靠管壁的测量。

6.3 温度的测量

6.3.1 温度计

校准后的测量温度的仪表精度应为 $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 。经校正的试验读数应记录到最接近的 0.5°C 。

6.3.2 温度计位置

传感元件应置于风道内水平直径上,至少距管壁 100 mm 或风道直径的 1/3 处(取较小者)。除非传感元件在风道内不影响性能的测定,则在记录性能读数后,应将传感元件从气流中取出。

6.3.3 湿度

在试验现场的干球和湿球温度,应在可以记录试验风道进气条件的位置进行测量,仪表应隔离以防受热表面的辐射。

湿球温度计应置于流速至少为 3 m/s 的空气流内。套管应清洁,而且与球接触良好,并用净水保持湿润。如果使用的仪表精度为 $\pm 2\%$,则可进行相对湿度的测量。

6.3.4 空气速度的影响

如果将温度传感器置于流速大于 51.5 m/s 的气流中(马赫数为 0.15),温度测量的误差将增大,在管道内测量的温度值在滞止温度和静态温度之间,但接近于滞止温度。

如果空气速度等于 25 m/s 时,静态温度与滞止温度之差为 0.31°C ;当空气速度为 35 m/s 时,该温度差为 0.61°C ;当气流速度等于 50 m/s 时,该温度差为 1.24°C 。

如果在空气速度小于 25 m/s 的管段内进行测量时,可以认为测量的温度等于滞止温度和静态温度。

因此在通风机进口的上游段或试验风道中限制在空气速度小于 25 m/s 的管段内或进口风室内测量滞止温度。

为了测量平均滞止温度,应将一个或几个传感元件,以管道中心对称布置,直立在适当截面内不同高度的直径上。传感元件应屏蔽以防受热表面辐射。

如果不能满足上述要求时,传感元件可置于风道内水平直径上至少距管壁 100 mm 或风道直径的 1/3,取较小者。

6.4 密度的测定

6.4.1 试验环境中的空气密度

试验环境中的空气密度(单位为 kg/m³)由以下表达式给出:

$$\rho_a = \frac{3.484(p_a - 0.378p_v)}{1\,000(273.15 + t_a)}$$

然而在用标准风道或类似风道试验时,水蒸气的影响通常忽略不计。在温度低于 23℃时,可使用以下简化表达式,其误差不超过±0.5%。

$$\rho_a = \frac{3.468p_a}{1\,000(273.15 + t_a)}$$

当空气含湿量小于质量的 1.5%时,在现场条件下也可以使用后一个表达式。

6.4.2 风道 x 截面的空气平均密度

风道 x 截面空气的平均密度,对高压时可按照 GB/T 1236—2000 中的规定求得,这里平均表压为 p_{ex} (Pa),平均空气温度为 t_x (℃)。

6.4.3 蒸汽压力的确定

蒸汽压力(Pa)可以从下述表达式求得:

$$p_v = (p_{sat})_{t_w} - p_a A_w (t_a - t_w)$$

式中:

$(p_{sat})_{t_w}$ ——在湿球温度 t_w 下的饱和蒸汽压力;

t_a ——干球温度;

$A_w = 6.66 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (当 t_w 在 0~150℃时);

$A_w = 5.94 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (当 t_w 小于 0℃时)。

表 1 列出了温度为 -4.9℃~49.9℃时的水或冰与空气接触时,以 0.1℃为增量的饱和水蒸汽压力值(p_{sat})。

蒸汽压力也可以直接测量空气相对湿度 h_u 按下式求得:

$$p_v = h_u (p_{sat})_{t_a}$$

式中 $(p_{sat})_{t_a}$ 是用 t_a 代替 t_w 时由表 1 查得的干球温度 t_a 下的饱和蒸汽压力。

表 1 饱和水蒸汽压力 p_{sat} 为湿球温度 t_w 的函数

温度/ ℃	饱和水蒸汽压力 p_{sat} /hPa									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
-4	4.55	4.51	4.48	4.44	4.41	4.37	4.35	4.31	4.28	4.24
-3	4.89	4.87	4.83	4.79	4.76	4.72	4.68	4.65	4.61	4.59
-2	5.28	5.24	5.20	5.16	5.12	5.08	5.04	5.01	4.97	4.93
-1	5.68	5.64	5.60	5.56	5.52	5.47	5.44	5.39	5.36	5.32
0	6.11	6.07	6.03	5.97	5.93	5.89	5.84	5.80	5.76	5.72
0	6.11	6.16	6.19	6.24	6.29	6.33	6.37	6.43	6.47	6.52
1	6.56	6.61	6.67	6.71	6.76	6.80	6.85	6.91	6.96	7.00
2	7.05	7.11	7.16	7.21	7.25	7.31	7.36	7.41	7.47	7.52
3	7.57	7.63	7.68	7.73	7.79	7.85	7.91	7.96	8.01	8.08
4	8.13	8.19	8.24	8.31	8.36	8.43	8.48	8.53	8.60	8.65
5	8.72	8.79	8.84	8.91	8.96	9.03	9.09	9.16	9.21	9.28
6	9.35	9.41	9.48	9.53	9.61	9.68	9.75	9.81	9.88	9.95
7	10.01	10.08	10.15	10.23	10.29	10.36	10.43	10.51	10.57	10.65
8	10.72	10.80	10.87	10.95	11.01	11.09	11.17	11.24	11.32	11.40
9	11.48	11.55	11.63	11.71	11.79	11.87	11.95	12.03	12.11	12.19
10	12.27	12.36	12.44	12.52	12.61	12.69	12.77	12.87	12.95	13.04
11	13.12	13.21	13.29	13.39	13.47	13.56	13.65	13.75	13.84	13.93

表 1 (续)

温度/ ℃	饱和水蒸汽压力 p_{sat} /hPa									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
12	14.01	14.11	14.20	14.29	14.39	14.48	14.59	14.68	14.77	14.87
13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.36	15.47	15.57	15.67	15.77	15.88
14	15.97	16.08	16.19	16.29	16.40	16.51	18.61	16.72	16.83	16.93
15	17.04	17.16	17.27	17.37	17.49	17.60	17.72	17.83	17.96	18.05
16	18.17	18.29	18.41	18.52	18.64	18.76	18.88	19.00	19.12	19.25
17	19.37	19.49	19.61	19.73	19.87	19.99	20.12	20.24	20.37	20.51
18	20.63	20.76	20.89	21.03	21.16	21.29	21.43	21.56	21.69	21.83
19	21.96	22.11	22.24	22.39	22.52	22.67	22.80	22.95	23.09	23.23
20	23.37	23.52	23.67	23.81	23.96	24.11	24.25	24.41	24.56	24.71
21	24.87	25.01	25.17	25.32	25.48	25.64	25.80	29.95	26.11	26.27
22	26.43	26.60	26.76	26.92	27.08	27.25	27.41	27.59	27.75	27.92
23	28.09	28.25	28.43	28.60	28.77	29.95	28.12	29.31	29.48	29.65
24	29.84	30.01	30.19	30.37	30.66	30.75	30.92	31.11	31.29	31.48
25	31.68	31.87	32.05	32.24	32.44	32.63	32.83	33.01	33.21	33.41
26	33.61	33.81	34.01	34.21	34.41	34.61	34.83	35.03	35.24	35.44
27	35.65	35.87	36.08	36.28	36.49	36.71	36.93	37.15	37.36	37.57
28	37.80	38.03	38.24	38.47	38.69	38.92	39.15	39.37	39.60	39.83
29	40.05	40.29	40.52	40.76	41.00	41.23	41.47	41.71	41.95	42.19
30	42.43	42.68	42.92	43.17	43.41	43.67	43.92	44.17	44.43	44.68
31	44.93	45.19	45.44	45.71	45.96	46.23	46.49	46.75	47.01	47.28
32	47.56	47.83	48.09	48.37	48.64	48.92	49.19	49.47	49.75	50.03
33	50.31	50.60	50.88	51.16	51.45	51.73	52.03	52.32	52.61	52.91
34	53.20	53.51	53.80	54.11	54.40	54.71	55.01	55.32	55.63	55.93
35	56.24	56.55	56.87	57.17	57.49	57.81	58.13	58.45	58.77	59.11
36	59.43	59.76	60.08	60.41	60.75	61.08	61.41	61.75	62.08	62.43
37	62.77	63.11	63.45	63.80	64.15	64.49	64.85	65.20	65.56	65.91
38	66.27	66.63	66.99	67.35	67.72	68.08	68.45	68.83	69.19	69.56
39	69.95	70.32	70.69	71.07	71.45	71.84	72.23	72.61	73.00	73.39
40	73.79	74.17	74.57	74.97	75.37	75.77	76.17	76.59	76.99	77.40
41	77.81	78.23	78.64	79.05	79.47	79.89	80.32	80.73	81.16	81.69
42	82.03	82.45	82.89	83.32	83.76	84.20	84.64	85.08	85.53	85.97
43	86.43	86.88	87.33	87.79	88.25	88.71	89.17	89.64	90.11	90.57
44	91.04	91.52	91.99	92.47	92.95	93.43	93.91	94.40	94.88	95.37
45	95.87	96.36	96.85	97.35	97.85	98.36	98.85	99.36	99.88	100.39
46	100.89	101.41	101.93	102.45	102.97	103.51	104.04	104.57	105.09	105.63
47	106.17	106.71	107.25	107.79	108.33	108.89	109.44	109.99	110.55	111.11
48	111.67	112.23	112.80	113.37	113.93	114.51	115.08	115.65	116.24	116.83
49	117.41	118.00	118.59	119.17	119.79	120.37	120.99	121.57	122.19	122.80

6.5 转速的测量

6.5.1 通风机轴的转速

通风机轴的转速应在每一测试点的试验期间,定期进行测试,以保证轴转速平均值的误差不超过 $\pm 0.5\%$ 。不应使用对通风机转速或性能有明显影响的测量装置。

6.5.2 采用方法举例

6.5.2.1 测量期间转速的数字计数器

在测量期间内,计量的脉冲数不应小于1000,计时装置通过计数器的启动和停止自动启停,而且计时装置的误差不得大于计数脉冲总数所需时间的0.25%。

6.5.2.2 转速计数器

计数器不应有滑动,并且每个读数周期不小于60 s。

6.5.2.3 直接指示的机械或电气转速表

此转速表不应有滑动,而且在使用前和使用后应进行校准。这种仪表的标度最小分度不应大于测量转速的0.25%。

6.5.2.4 频闪法

除非提供的是按其已知电源频率或者是在 $\pm 0.25\%$ 范围测量进行了检查的,否则这种测频法在使用前和使用后应对照标准转速进行校准。

6.5.2.5 频率计

当通风机是由同步电机或感应电机直接驱动时,用测量电源频率和对感应电机用计算转差频率来测量转速。频率计的误差不应大于0.5%。允许采用较低等级指数(即较小误差)的数字仪表。为了可以直接计算,使其误差不超过轴转速的 $\pm 0.25\%$,应使用指示转差频率的装置。

7 通风机压力的测定

7.1 压力测量截面的位置

7.1.1 为了确定通风机的压力,应尽可能靠近通风机的进口和/或出口侧的某一截面测定静压。测量截面与通风机之间的压力损失根据规定的摩擦系数进行计算,以尽量减少通风机压力的测量误差。光滑管的摩擦系数在附录D中给出。

7.1.2 测量开始之前,应对测量截面的压力进行检查,以确定读数的均匀性。可以按下列四种情况进行:

- a) 当按7.2.2.2所述四个壁测孔中的任意两个测量值之间的压力差小于其算术平均值的5%时,这些测孔可以用多支管互相连接(如图2所示)。用这种方式测得的压力为平均表压。
- b) 当四个壁测孔中的任意两个测量值之差大于其算术平均值的5%而小于10%时,测压孔应用皮托静压管代替。将皮托静压管按照7.2.2.4中规定的条件和确定点插入风道中。如果这四个读数中的任意一个与它们的算术平均值之差小于10%,则可取该平均值,或四个单独的皮托静压管可以按7.2.2.2中所述的方法互相连接。
- c) 当这四个皮托静压管读数中的任何一个读数与其算术平均值之差大于10%而小于15%时,则皮托管应按照6.2.1中要求和其测点位置按8.4中规定。应取所有读数的算术平均值。
- d) 当皮托管测量的任何一个读数与其算术平均值之差大于15%时,则认为在现场测试中取此压力测量截面是不令人满意的。

上面c)中所述的方法也可用于符合a)和b)的情况。

7.1.3 选择测量流量的试验段如果靠近通风机也可用于压力测量。用于压力测量的截面距离通风机进口应至少为 $1.5D$,距离通风机出口应至少为 $5D$ (见图3)。压力测量截面应选择在距离下游的弯

头、扩压段或很可能引起气流分离或其他干扰压力均匀性分布的障碍物至少为 $5D_0$ 的地方,可以将进气箱、调节门、扩散器等看作为通风机的一部分。所选择的压力测量平面的平均流速可用其他截面所测的读数进行计算确定或用皮托管横动法直接测得。

7.1.4 当通风机直接与其进口侧或出口侧的气室相连接时,压力测试平面应尽可能地位于靠近通风机与气室的连接面,这样事实上压力测点是处于没有明显的气流速度的“死区”里。

7.2 通风机压力的测量

7.2.1 概述

应采取措施保证对通风机进口和出口侧是以相对于大气压或普通的封闭试验空间的压力进行静压测试。当这一方法不能时,应使用按 7.2.3.4 中给定的方法。

7.2.2 现场静压的测量

7.2.2.1 按 6.1.2~6.1.4 中的所述,用压力计与管壁测孔连接,或者按 7.1.2 中的所述用压力计与皮托管静压管的静压接头相连,进行现场静压的测量。

7.2.2.2 在气流无涡流及分离、均匀流动的条件下[见 7.1.2 中 a) 的情况]可采取沿管道圆周等距分布的四个壁面测孔(见图 2),矩形截面的管道四个壁测孔可开在四边的中心(见图 4)进行静压测量,并且这些壁面测孔应平齐内部无毛刺,与其相邻的管壁应光滑、清洁、无起皮、无突变(图 5)。

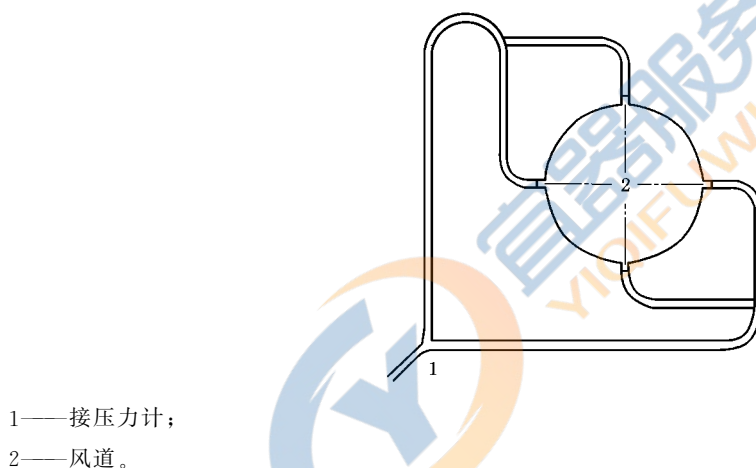
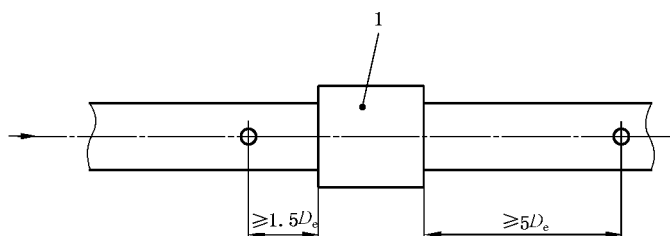
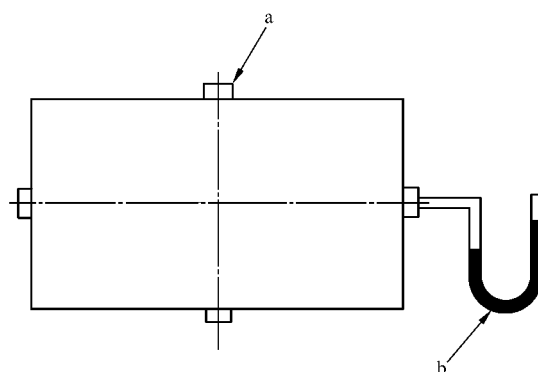


图 2 圆形管道中平均静压的测孔连接
(单个压力计的互相连接)



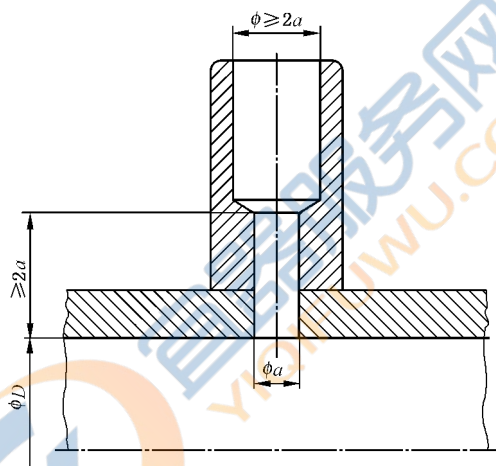
1——通风机。

图 3 现场试验压力测量平面的位置



- a 最少 4 个管壁测压孔,间隔 90°并接近各管壁中心。
- b 应在各测压孔进行静压测量,测量的平均值作为该平面静压。

图 4 矩形风道中平均静压的测孔连接
(各自压力计的连接)



ϕD ——风道直径。

图 5 管壁压力测孔的结构

7.2.2.3 应注意,要保证所有管子和接头均无堵塞和泄漏。

在进行连续观察之前,4 个测孔的压力应在最大流量下进行逐个单独测量。如果测得的 4 个读数中任何一个超过了平均压力的 5% 范围时,测压孔和压力计接头应进行检查,看其是否有缺陷,如果检查未发现缺陷,则应检查气流是否稳定。

7.2.2.4 在圆形风道适当的压力测量平面内,应至少选择 4 个测点,并等距、对称轴线位于圆周,距离壁面大约为风道直径的 1/8。或者,当采用矩形风道时,距每一壁中心为管道宽度的 1/8。在稳定流量条件下,应在每一点取静压读数,并进行平均计算。

7.2.2.5 当压力测量平面邻近在风室中的通风机进口或出口时,可用壁测孔或皮托静压管测量静压,并将测得静压适当地传递到压力计。

7.2.3 装置类型的划分

7.2.3.1 概述

GB/T 1236—2000 公认四种装置类型,不同的装置类型通风机性能可能不一致。

- A 型:自由进口,自由出口;
- B 型:自由进口,管道出口;
- C 型:管道进口,自由出口;
- D 型:管道进口,管道出口。

在进行 A 型和 B 型试验时,必须保证通风机进口是无障碍的。否则,将导致附加的不可测量的阻力。符合要求的自由空间在 GB/T 1236—2000 中给出。

7.2.3.2 A 型装置

本标准叙述了在风管内或无管道时使用的流量和压力测量方法。A 型装置适用于无风管的情况。

7.2.3.3 B 型装置

在 B 型装置条件下,通风机作为鼓风的通风机安装(图 6),通风机出口侧测试截面上的平均表压应按照 7.2.2 测量。

在这种情况下,有效压力是通风机压力 p_F ,定义为通风机出口的滞止表压 $p_{\text{esg}2}$ 减去通风机进口的滞止表压 $p_{\text{esg}1}$ (在此情况下为零)。

滞止表压 $p_{\text{esg}2}$ 由下式给出:

$$p_{\text{esg}2} = p_{e2} + p_{d2} (F_{M2})$$

式中:截面 x 的马赫系数 F_{Mx} 由下式给出:

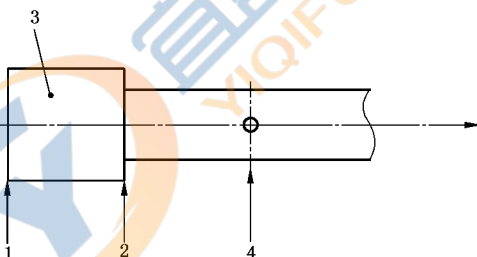
$$F_{Mx} = 1 + \frac{Ma^2}{4} + \frac{Ma^4}{40} + \frac{Ma^6}{1\,600} + \dots$$

且当地马赫数 Ma_x 值由下式给出:

$$Ma_x = \frac{q_m / \rho_x A_x}{\sqrt{\kappa R_w (t_x + 273.15)}}$$

当空气被看作是不可压缩 ($p_F \leq 2\,000$ Pa, $Ma_2 \leq 0.15$, 或按用户与制造商的协议) 时,则 $F_{M2} = F_{M4} = 1$, 并且下述方法适用。

通风机出口表压 p_{e2} 可以由在出口侧测试截面上测得的表压 p_{e4} 附加一个摩擦损失容差 $(\zeta_{2-4})_4 p_{d4}$ 计算得出(见附录 D)。当两个位置的横截面积差值达 7% 时,修正是允许的。



- 1——进口平面;
2——出口平面;
3——通风机;
4——出口管道中压力测量平面。

图 6 B 型装置

表压 p_{e2} 的公式为:

$$p_{e2} = p_{e4} - p_{d2} \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_4} \right)^2 \right] + (\zeta_{2-4})_4 p_{d4}$$

风道内任意截面 x 的常规动压由下式给出:

$$p_{dx} = \rho_x \frac{v_{mx}^2}{2} = \frac{1}{2\rho_x} \left[\frac{q_m}{A_x} \right]^2$$

式中: $\rho_x = \rho_2 = \rho_4 = \rho_a = \frac{p_a}{R_w (t_a + 273.15)}$

通风机压力 p_F 的计算由下式给出:

$$p_F = p_{\text{esg}2} - p_{\text{esg}1} = p_{\text{esg}2}$$

$$p_{\text{esg}2} = p_{e4} - p_{d2} \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_4} \right)^2 \right] + (\zeta_{2-4})_4 p_{d4} + p_{d2} = p_{e4} + p_{d4} [1 + (\zeta_{2-4})_4]$$

式中: $(\zeta_{2-4})_4 = \left[\frac{\lambda}{D_{h4}} \right] L_{2-4}$

通风机静压 p_{sF} 由下式给出:

$$p_{sF} = p_{e2} - p_{esg1} = p_{e2}$$

示例:

$p_{esg1} = 0 \text{ Pa}$; $p_{e1} = 932 \text{ Pa}$; $p_{d1} = 60 \text{ Pa}$; $v_{M2} = 10 \text{ m/s}$; $F_{M2} = 1$; $\rho_a = 1.2 \text{ kg/m}^3$; $p_{d2} = 60 \text{ Pa}$; $(\zeta_{2-4})_4 = 0.35$; $A_2 = A_1$ 。

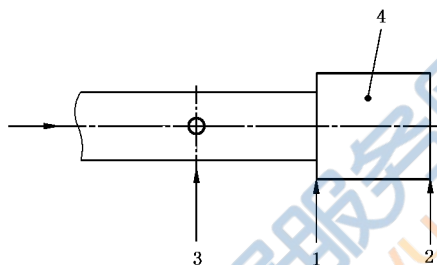
则: $p_F = 932 + 0.35 \times 60 + 60 \times 1.0 = 1\ 013 \text{ Pa}$ 。

当 $p_F \geq 2\ 000 \text{ Pa}$ 和/或 $Ma_2 > 0.15$ 时,在 GB/T 1236—2000 中 14.4~14.8 和 33 中所述方法适用。

7.2.3.4 C 型装置

在 C 型装置条件下,通风机是作为引风的通风机安装(图 7)。通风机进口侧测试截面上的平均表压按照 7.2.2 测量。

在这种情况下,有效压力是通风机静压 p_{sF} ,定义为通风机出口的表压 p_{e2} (在此情况下为零)减去通风机进口的滞止表压 p_{esg1} 。



- 1——进口平面;
- 2——出口平面;
- 3——进口管道中压力测量平面;
- 4——通风机。

图 7 C 型装置

通风机进口的滞止表压由下式给出:

$$p_{esg1} = p_{e1} + p_{d1} (F_{M1})$$

式中,在截面 x 上的马赫系数 F_{Mx} 由下式给出:

$$F_{Mx} = 1 + \frac{Ma^2}{4} + \frac{Ma^4}{40} + \frac{Ma^6}{1\ 600} + \dots$$

在该截面上的马赫数 Ma_x 由下式给出:

$$Ma_x = \frac{q_m / \rho_x A_x}{\sqrt{\kappa R_w (t_x + 273.15)}}$$

当空气被看作是不可压缩 ($p_F \leq 2\ 000 \text{ Pa}$, $Ma_2 \leq 0.15$ 或按用户与制造商的协议) 时,则 $F_{M1} = F_{M3} = 1$, 并且下述方法适用。

通风机进口表压 p_{e1} 可以由在进口侧测试截面上测得的表压 p_{e3} 附加一个摩擦损失容差 $(\zeta_{3-1})_1 p_{d1}$ 计算得出(见附录 D)。当两个位置的横截面积差值达 14% 时,修正是允许的。

表压 p_{e1} 的公式:

$$p_{e1} = p_{e3} - p_{d1} \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_3} \right)^2 \right] - (\zeta_{3-1})_1 p_{d1}$$

式中:

$$(\zeta_{3-1})_3 = \left[\frac{\lambda}{D_{h3}} \right] L_{3-1}$$

$$(\zeta_{3-1})_1 = (\zeta_{3-1})_3 \left(\frac{A_1}{A_3} \right)^2$$

风道内任意截面 x 的常规动压由以下公式给出：

$$p_{dx} = \rho_x \frac{v_{mx}^2}{2} = \frac{1}{2\rho_x} \left[\frac{q_m}{A_x} \right]^2$$

式中： $\rho_x = \rho_1 = \rho_3 = \rho_a = \frac{p_a}{R_w(t_a + 273.15)}$

通风机静压 p_{sF} 的计算：

$$\begin{aligned} p_{sF} &= p_{e2} - p_{esg1} = -p_{esg1} \\ &= -p_{e3} + p_{d1} \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_3} \right)^2 \right] + (\zeta_{3-1})_1 p_{d1} - p_{d1} \\ &= -p_{e3} + p_{d1} \left[(\zeta_{3-1})_1 - \left(\frac{A_1}{A_3} \right)^2 \right] \\ &= -p_{e3} + p_{d3} [(\zeta_{3-1})_3 - 1] \end{aligned}$$

通风机压力的计算：

$$p_F = p_{esg2} - p_{esg1} = p_{d2} - p_{esg1} = p_{sF} + p_{d2}$$

注： p_{e3} 为负值，且其数值大于表达式中的负项值，因此， p_{sF} 为正值。

示例：

$p_{e2} = 0 \text{ Pa}$ ； $p_{e3} = -1\,000 \text{ Pa}$ ； $v_{m1} = 10 \text{ ms}^{-1}$ ； $F_{M1} = 1$ ； $\rho_a = 1.2 \text{ kg/m}^3$ ； $p_{d1} = 60 \text{ Pa}$ ； $A_1 = A_3$ ； $(\zeta_{3-1})_3 = 0.2$ 。

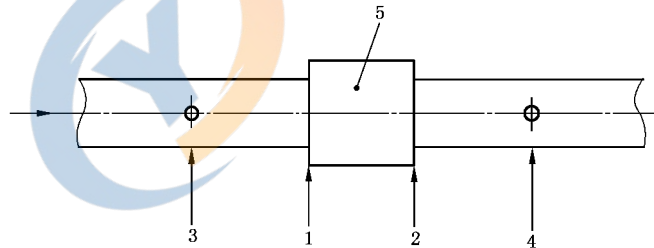
则： $p_{sF} = 1\,000 + 0.2 \times 60 - 60 \times 1.0 = 952 \text{ Pa}$ 。

当： $p_F \geq 2\,000 \text{ Pa}$ 和/或 $Ma_2 > 0.15$ 时，在 GB/T 1236—2000 中 14.4~14.8 和 34 中所述方法适用。

7.2.3.5 D 型装置

在 D 型装置条件下，通风机作为增压的通风机安装(图 8)。在通风机出口侧测试截面上和通风机进口侧测试截面上的平均表压应按 7.2.2 进行测量。

在这种情况下，有效压力是通风机压力 p_F ，定义为通风机出口的滞止表压 p_{esg2} 减去通风机进口的滞止表压 p_{esg1} 。



- 1——进口平面；
- 2——出口平面；
- 3——进口管道中压力测量平面；
- 4——出口管道中压力测量平面；
- 5——通风机。

图 8 D 型装置

通风机出口的滞止表压 p_{esg2} 由下式给出：

$$p_{esg2} = p_{e2} + p_{d2} (F_{M2})$$

通风机进口的滞止表压 p_{esg1} 由下式给出：

$$p_{esg1} = p_{e1} + p_{d1} (F_{M1})$$

式中截面 x 的马赫系数 F_{Mx} 由下式给出：

$$F_{Mx} = 1 + \frac{Ma^2}{4} + \frac{Ma^4}{40} + \frac{Ma^6}{1\,600} + \dots$$

在该截面上的马赫数 Ma_x 值由下式给出：

$$Ma_x = \frac{q_m / \rho_x A_x}{\sqrt{\kappa R_w (t_x + 273.15)}}$$

当空气被看作是不可压缩 ($p_F \leq 2\,000\text{ Pa}$, $Ma_2 \leq 0.15$ 或按用户与制造商的协议) 时, 则 $F_{M1} = F_{M2} = F_{M3} = F_{M4} = 1$, 并且下述方法适用：

$$\rho_x = \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 = \rho_a = \frac{p_a}{R_w (t_a + 273.15)}$$

通风机压力 p_F 由公式(见 7.2.3.3 和 7.2.3.4) 给出：

$$\begin{aligned} p_F &= p_{\text{esg}2} - p_{\text{esg}1} \\ &= p_{e2} + p_{d2} - p_{e1} - p_{d1} \\ &= p_{e4} - p_{d2} \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_4} \right)^2 \right] + (\zeta_{2-4})_4 p_{d4} + p_{d2} - p_{e3} + p_{d1} \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_3} \right)^2 \right] + (\zeta_{3-1})_1 p_{d1} - p_{d1} \\ &= p_{e4} + p_{d4} [1 + (\zeta_{2-4})_4] - p_{e3} + p_{d3} [(\zeta_{3-1})_3 - 1] \end{aligned}$$

式中： $(\zeta_{2-4})_4 = \left[\frac{\lambda}{D_{h4}} \right] L_{2-4}$

$(\zeta_{3-1})_3 = \left[\frac{\lambda}{D_{h3}} \right] L_{3-1}$

$(\zeta_{3-1})_1 = (\zeta_{3-1})_3 \left(\frac{A_1}{A_3} \right)^2$

(见附录 D)

通风机静压 p_{sF} 由下式给出：

$$\begin{aligned} p_{sF} &= p_{e2} - p_{\text{esg}1} \\ &= p_{\text{esg}2} - p_{d2} - p_{\text{esg}1} \\ &= p_F - p_{d2} \end{aligned}$$

示例：

$p_{e1} = 520\text{ Pa}$; $p_{d1} = p_{d2} = 60\text{ Pa}$; $p_{e3} = -390\text{ Pa}$; $\rho_a = 1.2\text{ kg/m}^3$; $p_{d3} = p_{d1} = 50\text{ Pa}$; $A_1 = A_3$ 和 $A_2 = A_4$; $(\zeta_{2-4})_4 = 0.35$; $(\zeta_{3-1})_3 = 0.26$ 。

则： $p_F = 520 + 0.35 \times 60 + 60 \times 1.0 - (-390) + 0.26 \times 50 - 50 \times 1.0 = 954\text{ Pa}$ 。

当： $p_F \geq 2\,000\text{ Pa}$ 和/或 $Ma_2 > 0.15$ 时, 在 GB/T 1236—2000 中 14.4~14.8 和 33、34、35 中所述方法适用。

7.2.3.6 矿井中使用的增压通风机

在地下使用增压通风机的情况时, 通常不能测量通风机每侧风道内相对于大气压的表压, 该通风机出口与进口侧之间的压差 Δp_e 应用下面方法测量。

通风机进口侧测试截面上相对于通风机出口侧测试截面中心静压的表压 p_{e3} , 可通过一个与在进口测试段横动的表压管和在出口侧测试截面中心固定的静压管相连接的差压计来测量 (p_{e3} 通常是负值)。

通风机出口侧测试截面上相对于通风机进口侧测试截面中心静压的表压 p_{e4} , 也可用类似的方法测量 (p_{e4} 通常是正值)。

通风机出口侧测试截面中心点上的表压 p_{ec} 是相对于通风机进口侧测试截面中心点上的表压来测得的 (p_{ec} 通常是正值)。

Δp_e 值由下式得出：

$$\Delta p_e = p_{e4} - p_{e3} - p_{ec}$$

通风机压力 p_F 由下式获得：

$$\begin{aligned} p_F &= p_{\text{sg}2} - p_{\text{sg}1} \\ &= \Delta p_e + p_{d4} - p_{d3} + (\zeta_{2-4})_4 p_{d4} + (\zeta_{3-1})_3 p_{d3} \end{aligned}$$

注：在矿井风道内的速度从未高达超过 $Ma_x < 0.1$ 界限值。

8 流量的测定

8.1 测量方法的选择

实际风道某一截面的流量可由两种方法测定:测量该截面各个点上的速度,再计算出平均速度;或测量由差压装置(孔板、文丘里管、喷咀)产生的压差。测量方法的选择条件如下:

- a) 采用速度场法测量的时间较长且需精确处理,但是在许多情况下,这是唯一适用的方法。在采用该方法测量时,必须进行初试以确定试验条件(读数的数量和观察时间)。
- b) 采用差压装置,即使由不同的人在不同的时间进行测量,对流量时间平均值也易获得具有良好重复性的结果。但其使用受到限制,要求风管有一定直线长度,并只能用于圆截面风管。

8.2 测量截面的选择

8.2.1 避免涡流且保证流动直线性

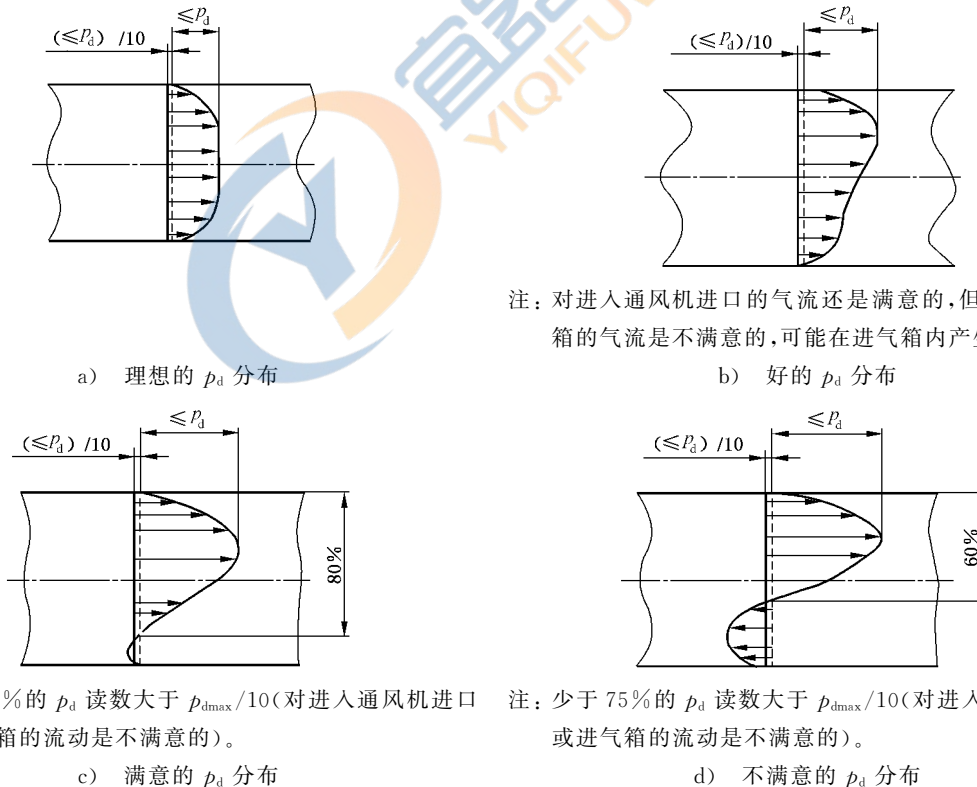
流量测量截面应选择无明显涡流的,流线接近于平行且垂直于该截面的位置。

当很难满足上述条件时,应由各方协议一致,在测量截面的上游段设置防涡流装置。该装置的安装位置应保证通过测量截面的几乎是无涡流的轴向气流,且不得影响通风机进、出口气流的流动条件。也可以在限定长度的风道内采用内衬以改善测量截面的形状。

如最终未能找到满足上述条件的截面,可经协商选择流量测量截面,但将会影响测量精度。

8.2.2 合格的速度分布图

在整个的测试平面上速度分布应是均匀的。当75%以上的动压测量值大于最大测量值的1/10时(见图9),这速度分布的均匀性可以接受。



注:对进入通风机进口的气流还是满意的,但对进入进气箱的气流是不满意的,可能在进气箱内产生涡流。

注:大于75%的 p_d 读数大于 $p_{dmax}/10$ (对进入通风机进口或进气箱的流动是不满意的)。

注:少于75%的 p_d 读数大于 $p_{dmax}/10$ (对进入通风机进口或进气箱的流动是不满意的)。

图9 通风机系统装置中动压测量平面上的典型动压分布



注：少于 75% 的 p_d 读数大于 $p_{d,max}/10$ (对进入通风机进口或进气箱的流动是不满意的)。

e) 不满意的 p_d 分布

注：少于 75% 的 p_d 读数大于 $p_{d,max}/10$ (对进入通风机进口或进气箱的流动是不满意的)。

f) 不满意的 p_d 分布

图 9 (续)

8.3 采用差压装置测定流量

GB/T 2624 所规定的差压装置,使用在附录 C 所述的直线长度段,试验的极限流量在允许的范围
内,且采用本标准附录 C 所给出的数据时,则可不进行初校。

采用非标准差压装置,须由供方及卖方就装置的选用及确保与标准装置具有同样精度的校正方法
达成一致意见,非标准装置可在下列情况下使用:

- 在风管进口处:孔板、喷咀、文丘里管、喇叭形进口或锥形进口。
- 在风管出口处:孔板、喷咀、文丘里管。

8.4 采用速度场法测定流量

8.4.1 一般条件

8.4.1.1 平均速度尽可能高,并在测量仪表高精度范围内使用,能得到较高的测量精度。

8.4.1.2 流量测量平面应位于直管段,气流基本上是轴向的,对称的,且无涡流或逆流。这将会排除由
弯头、突然的扩张或收缩、障碍物或通风机自身所引起的流动干扰。

8.4.1.3 如可能,流量测量平面应选择上风道截面不变的直线段,且不存在改变测量平面气流的障碍
物,该直线段长度,即试验段长度至少应为风道水力直径 D_h 的两倍。

如可能,在通风机进气侧时,流量测量面应选在至少距通风机进口为 $1.5D_h$ 处。在通风机排气侧
时,流量测量面应选在至少距通风机出口为 $5D_h$ 处。

选用上述最小距离并不意味着满足 8.4.1.2 的要求。

如不能选出满足这些条件的测量面时,测量位置应由各方协商选取,测量结果须经各方商定。

8.4.1.4 考虑到管壁影响及中心区域的速度变化,应在截面上选取足够数量的测试点。

8.4.1.5 采用速度场法测量流量时,在整个测量过程中应保持流量恒定。

为此,应采取必要的措施,以保持下列因素在整个测量过程中尽可能稳定。

- 风道的当量直径或阻力;
- 通风机转速;
- 系统内气体的压力和温度。

8.4.1.6 在现场条件下进行动压(或速度)横动测量,在试验室条件下也可进行。通常应注意到,尽管
通过总流量和系统阻力实际上保持不变,但某一点的读数有些脉动是常有的。这是由于紊流气流导致
速度场产生轻微的不规则变化。由此,必须在不少于 15 s 的时间内对每一个横动点取一个好的目测平
均读数。流量应由管道面积及所有各点的速度平均值或所有动压读数的均方根平均值确定。整个测量
应重复一次或多次,直到由两个连续测定所计算的流量值差不大于 2%。取两个测量的平均值为正
确值。

8.4.2 测点的位置

8.4.2.1 概述

测量探头应置于管道内,其位置偏差应等于下列两个数值中较小的一个:

- $-0.05y$ (y 为探头距最近管壁的距离);
- $-0.005 L_p$ (L_p 为垂直于最近管壁至探头的风管内部尺寸)。

当偏差值小于 1 mm 时,则采用 1 mm。

8.4.2.2 圆形截面

对圆形截面,其平均直径应等于测量截面上至少三条直径(其夹角大致相等)测量值的算术平均值。如果相邻的两个直径的差大于1%。测量直径的数目应加倍。

测量截面内风管尺寸测量误差应低于0.25%。

测试点不得少于24点,测试点应至少分布在3条直径上,且各半径上分布不得少于3个测试点。按规定用切贝切夫法或线性法两种方法之一确定测试点。

例如:可选4条直径,各半径上分布3个测试点(见图10),或选3条直径,各半径上分布4个测试点(见图11)。

表2和表3是按切贝切夫法和线性法确定的测试点位置。

——每条半径上3个点(表2);

——每条半径上4个点(表3)。

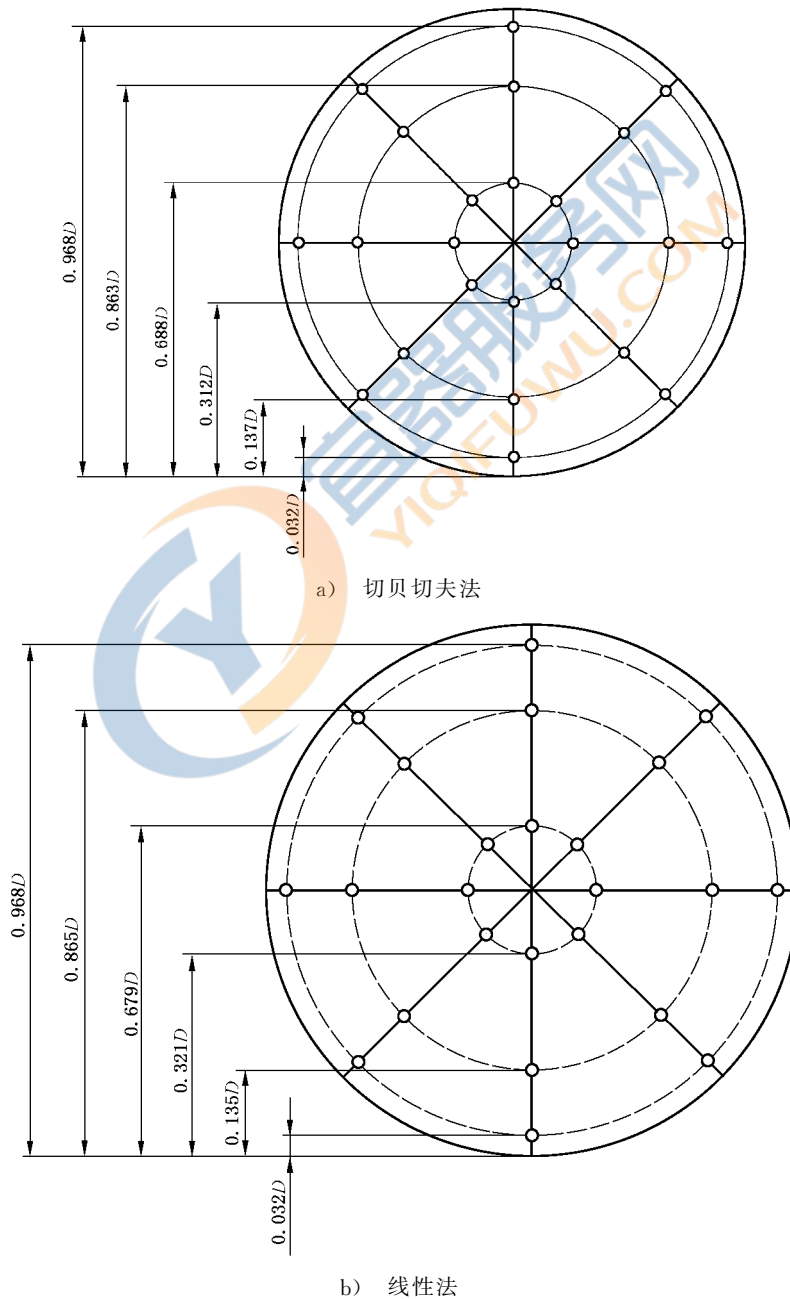


图10 圆形截面内测试点的位置(4条直径,每个半径有3个测试点)

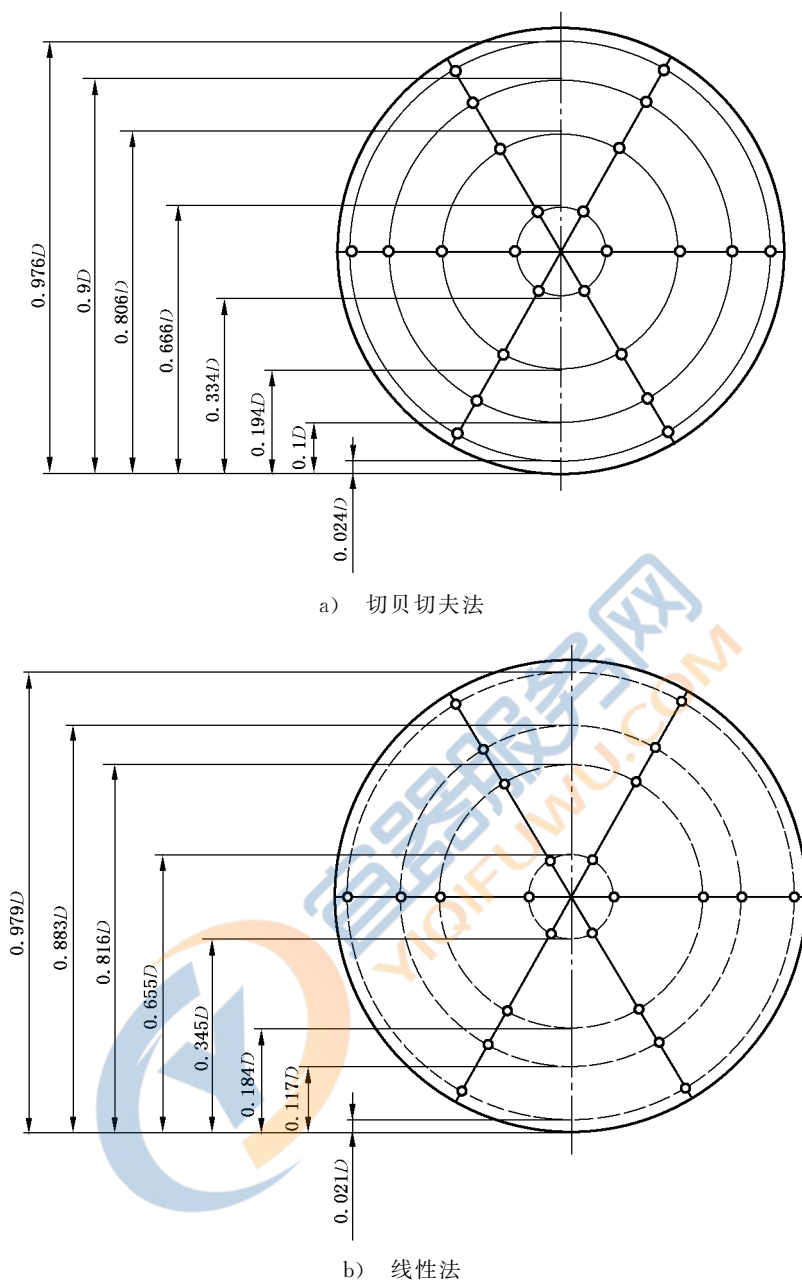


图 11 圆形截面内测试点的位置(3条直径,每个半径上有4个测试点)

表 2 每个半径 3 个点

点	切贝切夫法 y/D	线性法 y/D
1	0.032	0.032
2	0.137	0.135
3	0.312	0.321
4	0.688	0.679
5	0.863	0.865
6	0.968	0.968

表 3 每个半径 4 个点

点	切贝切夫法 y/D	线性法 y/D
1	0.024	0.021
2	0.100	0.117
3	0.194	0.184
4	0.334	0.345
5	0.666	0.655
6	0.806	0.816
7	0.900	0.883
8	0.976	0.979

风管中的平均速度通过计算各点速度的算术平均值求得。

容积流量应通过该平均速度乘以由平均直径计算出的截面积求得。

8.4.2.3 轴流通风机上游段的环形截面

如满足下列条件,可采用速度场法测量环形截面的流量。

- a) 等间距半径数不少于 6 条。
- b) 按线性法规则沿半径设置测试点,每条半径上不少于 4 点。

测试点的位置(图 12)根据直径比 D_a/D 确定,并在表 4(每条半径上 4 个测试点)中给出。对于中间值,测试点的位置通过该表中数据用线性内插法确定。

平均速度通过计算该截面各测试点速度的算术平均值确定。

- c) 流量由截面平均速度与截面积相乘确定。
- d) 为确定截面积,内径 D_a 及环的厚度 e 的测量误差一般为 0.25%。

为减少偏心误差,环厚度应看作是在至少 4 个等夹角间距的半径上测量的平均值。如果两个径向尺寸差超过 1%,所测得之尺寸数目应加倍。内径由测量相应的周长计算出。环形截面积由下述表达式给出:

$$A = \pi(D_a + e)e$$

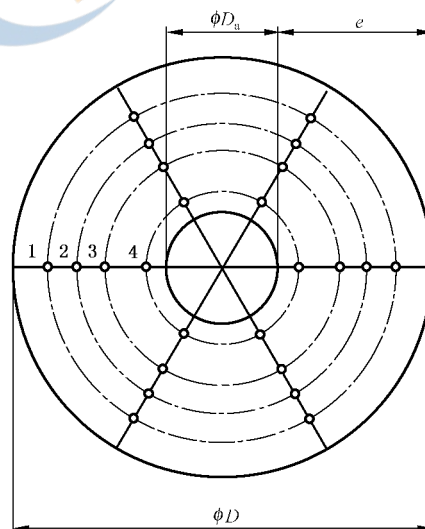


图 12 环形截面测试点的位置(3 条直径,每个半径有 4 个测试点)

表 4 环形风管内测点的位置

D_a/D	y/D 值			
	点 1	点 2	点 3	点 4
0.05	0.023 7	0.097 3	0.202 4	0.349 8
0.1	0.023 5	0.096 5	0.200 4	0.345 2
0.15	0.023 2	0.095 1	0.197 0	0.336 2
0.20	0.022 8	0.093 2	0.192 4	0.324 0
0.25	0.022 2	0.090 8	0.186 5	0.309 7
0.30	0.021 6	0.087 9	0.179 4	0.293 6
0.35	0.020 8	0.084 4	0.171 4	0.276 1
0.40	0.019 9	0.080 4	0.162 2	0.257 5
0.45	0.018 8	0.076 1	0.152 2	0.238 2
0.50	0.017 7	0.071 2	0.141 3	0.218 2
0.55	0.016 4	0.065 9	0.129 6	0.197 6
0.60	0.015 0	0.060 4	0.118 0	0.176 7
0.65	0.013 6	0.053 8	0.104 3	0.155 4
0.70	0.011 9	0.047 2	0.090 7	0.133 7
0.75	0.010 2	0.040 2	0.076 6	0.111 9
0.80	0.008 4	0.032 9	0.062 0	0.089 8
0.85	0.006 3	0.025 1	0.047 1	0.067 6
0.90	0.004 4	0.017 1	0.030 6	0.045 2
0.95	0.002 2	0.008 7	0.016 0	0.022 6

8.4.2.4 矩形截面

在直的矩形截面风管的情况下,截面的高度和长度应按图 13 所示的线段测量。如相邻测得的高度或长度之差超过 1%,则沿此方向的测试点数应加倍。该截面的平均高度应等于所测量各个高度的算术平均值,而截面的平均长度亦应是所测量各个长度的算术平均值。

截面积等于平均高度与平均长度的乘积。

计算测量截面面积所需风管各种尺寸的误差应低于 0.25%。

横线(平行于小边)的数目和每条横线上的测点数目均不少于 5 个,如果矩形截面的纵横比(高宽比)与 1 相差甚远,则应将横线增加到 5 个以上。

表 5 所示测试点位置是按切贝切夫法设置的。

容积流量等于截面积乘以各测点现场当地速度的算术平均值。

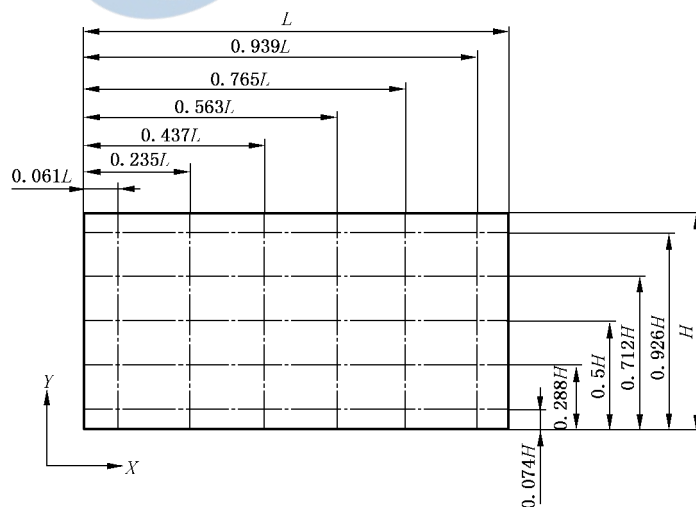


图 13 矩形截面测试点的位置(6 条横线,每个横线有 5 个测试点)

表 5 矩形风管中按切贝切夫法的测点和线的分布

横线数或每条横线上 的测试点数	点	$\frac{x_i}{L}$ 或 $\frac{y_i}{H}$ 值
5	1	0.074
	2	0.288
	3	0.500
	4	0.712
	5	0.926
6	1	0.061
	2	0.235
	3	0.437
	4	0.563
	5	0.765
	6	0.939
7	1	0.053
	2	0.203
	3	0.366
	4	0.500
	5	0.634
	6	0.797
	7	0.947

8.4.2.5 其他形状的截面

临时的改型(如插入低阻力的衬板)可用于提供一个合适的矩形或圆形截面的试验长度。但是如这不可能,通过风管或规则的、无凹入的横截面的直线长度段的流体容积流量,可采用通常适用矩形截面的切贝切夫横向型线的修改来测定。

8.4.2.6 改进的切贝切夫横向型线

如果给定基准线与截面的长直边平行或与该截面的长轴线平行,并与测试线垂直,这样截面的周界线(相对光滑的曲线或直线)通过测试线的终端。经有关各方的协商同意,该横截面可视为规则的。

也期望周界线与任何测试线的夹角应几乎成直角。然而,对邻近管壁的边缘区域的测试线和在图 15~图 27 布置的所有情况下,对此在下面叙述中提出了为某些偏离而规定的措施。

为了能使改进的切贝切夫法用于不规则形状的管道横截面(典型的如图 14 所示),必须对每条测试线上的平均速度按其长度比例进行加权。为了取得高精度,必须对邻近管壁的两个边缘区域的测试线的位置(图中的 1 和 N_r 线)作某些调整。详细的计算分析已在图 15~图 27 所示的 13 种典型管道形状中给出了确定两条边缘测试线的正确位置。这些考虑了管道摩擦和壁面形状两者的效应。

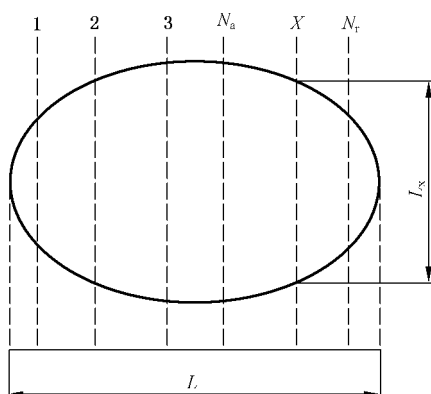
允许很简单地确定容积流量:通过每条测试线的平均速度乘以该线的长度,求所有测试线乘积之和,将该总和乘以所选择的基准线长度(管壁之间)再除以测试线的数目。

在边界区域测试线(图 14 中的 1 和 N_r 号)精确位置的确定方法在 8.4.2.7 和附录 B 中给出,并包括使用下面公式:

$$y = kx^{-1/p1}$$

$p1$ 值取决于管壁的粗糙度和雷诺数,并用一般的方法在表 6 中给出。

但是在绝大多数的装置中,有关参数的精确确定是不容易的,由于对 $p1$ 值为 5~10 之间的限界测试线的位置变化相对很小,在图 15~图 27 中标出的限界测试线的位置均按照 $p1$ 的平均值为 7 确定的。



图中：

L ——基准线长度；

L_x ——测试线长度；

N_s ——测试线号。

图 14 规则的但非矩形或圆形管道截面上测试线和测点的分布

表 6 ρl 值作为壁面粗糙度和雷诺数的函数

低雷诺数的粗糙壁	$\rho l=5$
高雷诺数的粗糙壁或低雷诺数的光滑壁	$\rho l=7$
高雷诺数的光滑壁	$\rho l=10$

采用图 15~图 27 中任何一种形状管道方法的说明如下：

- a) 选择的基准线应平行管道横截面的长轴线。
- b) 速度测量应在与基准线成直角并与气流轴线成直角的至少 6 条平行测试线的规定点上进行。
- c) 测试线号 2~(N_r-1)应按切贝切夫法规则(见表 5)沿基准线分布。
- d) 测试线号 1 和 N_r 应按接近于图 15~图 27 的适当表中给出位置。这些表中的 ρl 值应从表 6 中选择,如不能确定壁面粗糙度,则应使用 $\rho l=7$ 的值。
- e) 按照切贝切夫法规则,沿每条测试线上应至少有 6 个测试点(见表 5)。在任何一条很短的测试线上,其测试点数可以减少至 5 个,但是整个区域的测试点总数应不少于 35 个。
- f) 速度应在规定点上测量,并应确定每条测试线上的算术平均速度。
- g) 整个风道的容积流量可由下述方法求得：
 - 1) 每条测试线的算术平均速度乘以该线的长度；
 - 2) 求上述所得值的和；
 - 3) 将其和乘以管壁之间的基准线长度 L 再除以 N_r 。

$$q_v = [(v_1 l_1) + (v_2 l_2) \cdots \cdots (v_N l_N)] \frac{L}{N_r}$$

式中：

q_v ——总容积流量；

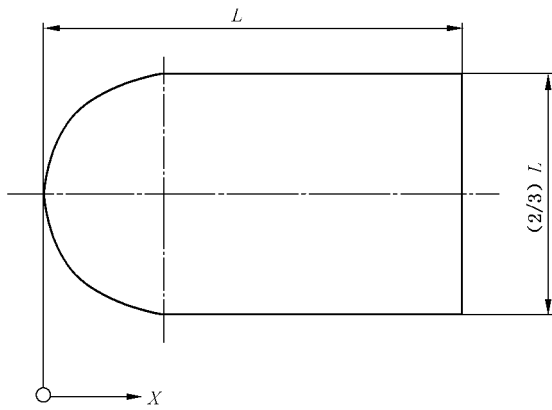
v_N ——测试线 N 的算术平均速度；

l_N ——测试线 N 的长度；

N_r ——测试线的数；

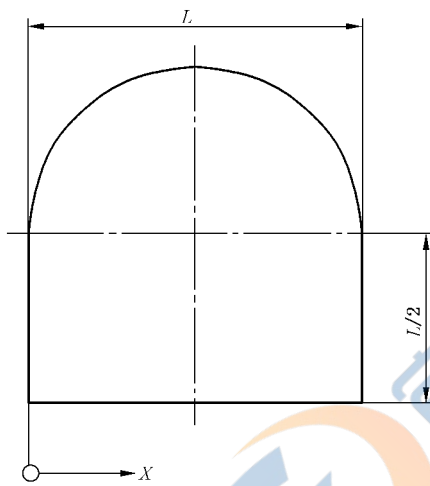
L ——管壁之间的基准线长度。

给出经审查的不同外形图。



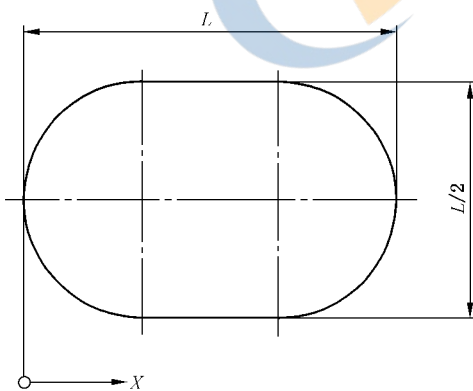
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.074	0.939
7	0.064	0.947

图 15



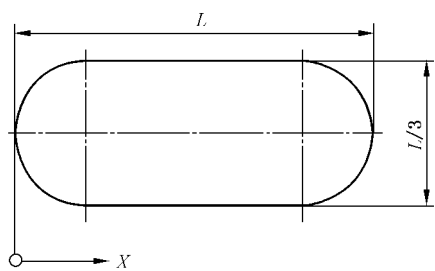
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.075	0.925
7	0.065	0.935

图 16



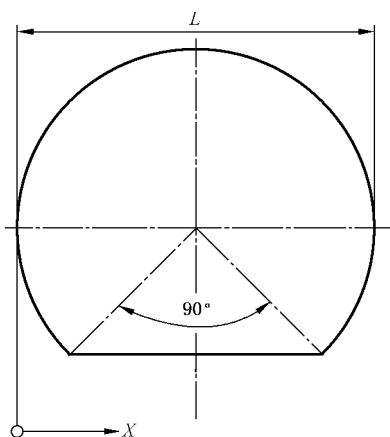
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.070	0.930
7	0.059	0.941

图 17



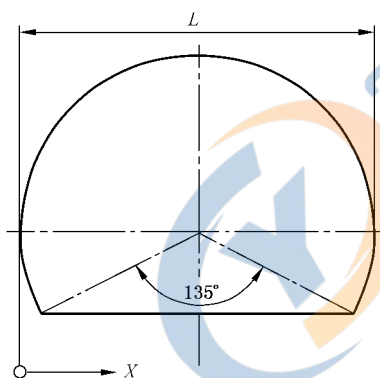
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.060	0.940
7	0.049	0.951

图 18



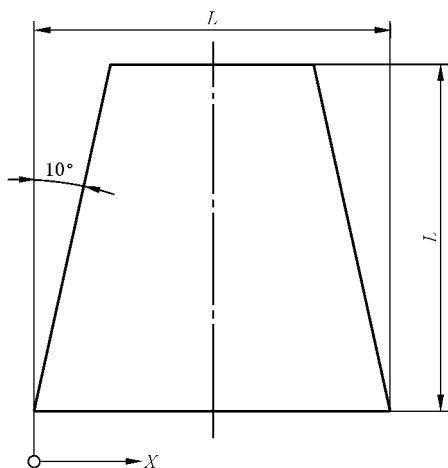
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.075	0.925
7	0.065	0.935

图 19



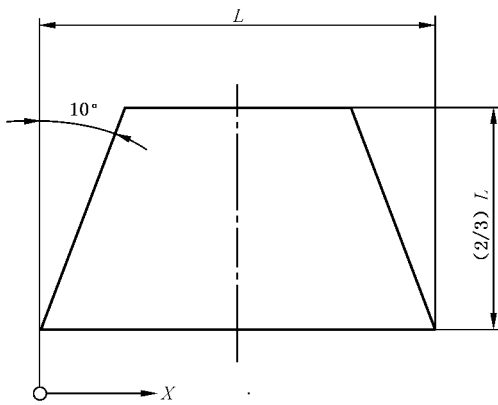
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.070	0.930
7	0.059	0.941

图 20



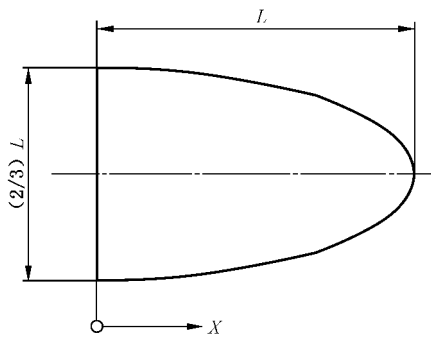
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.086	0.914
7	0.073	0.927

图 21



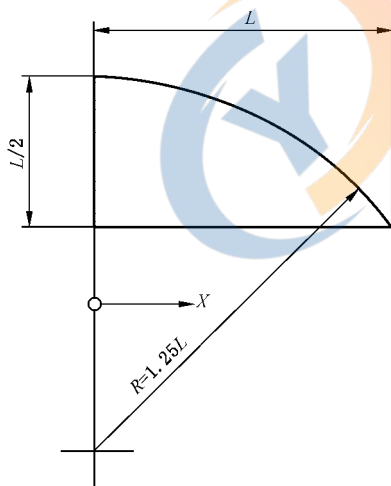
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.079	0.921
7	0.071	0.929

图 22



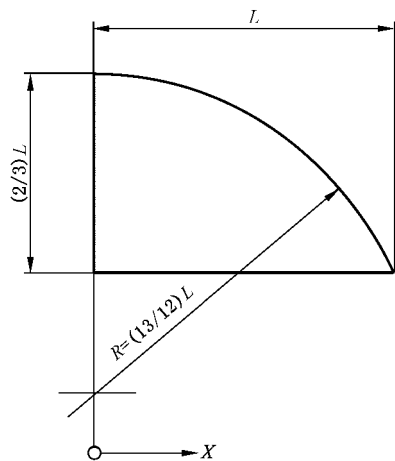
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.064	0.924
7	0.055	0.935

图 23



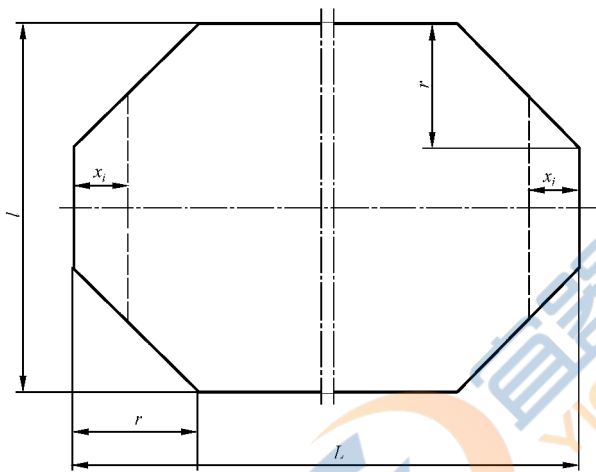
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.063	0.917
7	0.055	0.929

图 24



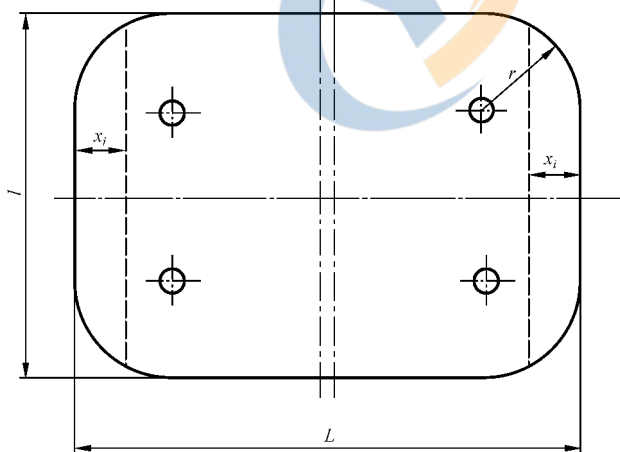
N_r	$\frac{X_1}{L}$	$\frac{X_N}{L}$
6	0.063	0.919
7	0.055	0.930

图 25



N_r	$\frac{L}{l}$	$\frac{r}{l}$	$\frac{x_i}{L}$
6	1	1/3	0.081 2
7			0.069 1
6	1	1/4	0.079 6
7			0.067 6
6	2	1/3	0.083 1
7			0.070 9
6		1/4	0.077 9
7			0.069 1

图 26



N_r	$\frac{L}{l}$	$\frac{r}{l}$	$\frac{x_i}{L}$
6	1	1/3	0.072 5
7			0.062 4
6		1/4	0.070 5
7			0.060 9
6	2	1/3	0.068 1
7			0.059 7
6		1/4	0.063 9
7			0.056 7

图 27

8.4.2.7 当管道横截面不完全符合图 15~图 27 中任一种形状的情况

当管壁轮廓没有突变,提供用下列方法处理管道横截面任一侧的在两个限界段 L/N_r 上的宽度。

图 28 示出了方程式 $y=kx^{-1/pl}$ 的曲线族,

式中: $pl=7$ (见 8.4.2.6) k 值在 0~1 变化。

在横坐标 1 的垂直线的基线宽度考虑用该段的无因次宽度 $\frac{a}{a}$ 表示。在此段上应按下述横坐标：

0.054、0.242、0.509、0.774、0.954 绘制垂直的无因次高度 $\frac{l_1}{a}, \frac{l_2}{a}$ 至 $\frac{l_5}{a}$ 。

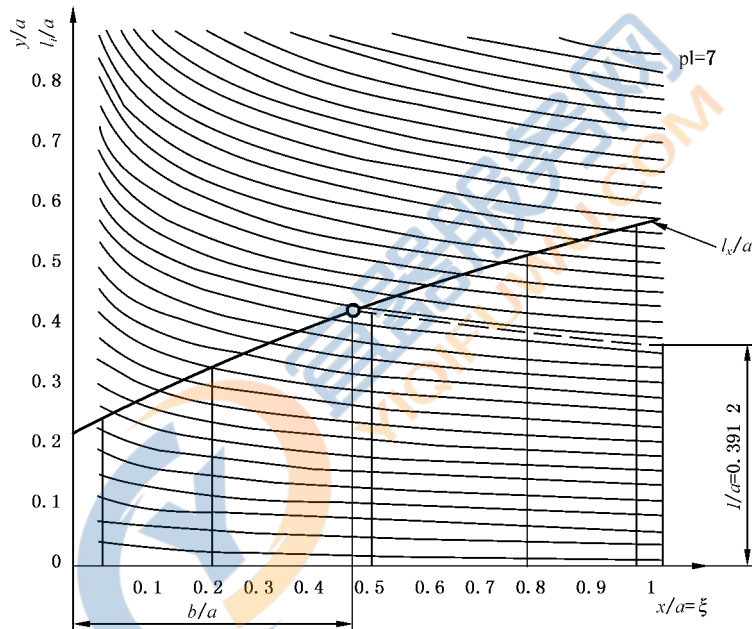
在此段的末端，如图 28 中横坐标 = 1，垂直高度或纵坐标 $\frac{I}{a}$ 应为对应于 $\frac{l_1}{a}$ 至 $\frac{l_5}{a}$ 的下列加权的和。

$$\frac{I}{a} = 0.083 \frac{l_1}{a} + 0.196 \frac{l_2}{a} + 0.255 \frac{l_3}{a} + 0.226 \frac{l_4}{a} + 0.115 \frac{l_5}{a}$$

从 I 的顶部（横坐标 1，纵坐标 $\frac{I}{a}$ ）绘制一条与曲线族相平行的线，直至它与表示该段上壁面（纵坐标 $\frac{l_1}{a}$ 至 $\frac{l_5}{a}$ ）的曲线相交。

该点的横坐标就是该段测试线的正确无因次横坐标，从管段壁至测试线距离等于 b/a 。

上述说明适用于在表 6 中系数 pl 值取为 7 的一般情况。对于包含其他 pl 值方法的进一步说明在附录 A 中给出。用于确定限界范围内测试线的一般数学处理方法在附录 B 中给出。



l_x/a ——无因次管道高度。

图 28

9 功率的测定

9.1 与通风机性能曲线相关功率的定义

9.1.1 主要性能曲线所采用的功率如下：

- 通风机空气功率 P_u 是质量流量 q_m 与通风机单位质量功 y 的乘积；
- 叶轮功率 P_r 是供给通风机叶轮的功率。

9.1.2 因为确定支承通风机主轴的轴承损失很困难，很少能直接测定叶轮功率。但是为确定通风机的基本特性，了解该功率是有用的。

为此，可按下述 a)、b)、c) 中的规定进行确定。

- a) 通风机轴功率 P_a 为驱动装置输出到通风机轴的机械功率。它包括轴承损失、密封装置损失、轴承冷却装置损失等等。
- b) 电机轴功率 P_e 为驱动装置的轴功率，仅在通风机直接驱动时，电机的轴功率等于通风机轴功率 P_a 。

在其他情况下：

$$P_a = \eta_{tr} P_o$$

式中： η_{tr} 为传动效率。

对于小额定功率值，合理精确地确定其传动效率很困难。

c) 电机输入功率 P_e 为输出到驱动装置的功率。即装置吸收的总功率。在电机驱动的情况下，即是输入至电机端子的功率。在其他情况下，输入功率一定要在有关各方协商一致的情况下，按燃料、蒸汽、压缩空气等的消耗来确定。

9.1.3 由这些功率可以确定下述效率：通风机效率 η_r ，通风机轴效率 η_a ，通风机电机轴效率 η_o 和总效率 η_e ，而这些效率分别通过通风机空气功率 P_a 除以叶轮功率、通风机轴功率、电机输出功率和电机输入功率求得。

只有性能效率反映了输给叶轮功率的利用率。

使用电机的通风机总效率(或装置效率)，除通风机机械损失外，包括传动系统的损失和驱动装置的损失。

9.1.4 供方和买方的协议通常应明确规定哪一种功率和哪一种效率进行试验检查。

9.2 从电机至叶轮的传动损失功率

如果将现场试验结果与试验台上取得通风机性能结果进行比较，输入到通风机的功率应在这两种情况下使用相同的方法确定。

当要确定通风机轴功率时，除非叶轮直接安装在电机轴上，否则，适当的传动系统损失应从电机轴功率中扣除。为了确定这些损失，采用的方法应得到通风机供方的同意。

如必须确定叶轮功率时，轴承及其他传动损失应从电机轴功率中扣除。这项数值应由双方协商确定。

9.3 功率测定方法

9.3.1 概述

供给通风机的功率需要精确测量时，应取足够数量的测试结果的平均值。

驱动轴功率可采用几种方法确定，即可采用扭矩仪直接测量的方法，也可在电机驱动的情况下，采用由输入到电机端子的功率推导的方法。在后者的情况下，电机输出功率可通过损失求和法，从电机输入功率进行推导得出。为此，应对每个试验点上测量电压、电流、转速，在交流电机情况下，测量电机输入功率和感应电机的转差率，并在未与通风机连接时测量电机的空载损失。可采用与所用电机性能相一致的电机性能数据或预先经校准的电机性能数据。

对于电气仪表，在通风机试验时，应采用下述方法之一，进行电机的输入功率测量：

- a) 对于交流电机，采用双瓦特表或用一块积分瓦特-小时表和一个计时装置。
- b) 对于直流电机，采用测量输入电压和电流。

9.3.2 用扭矩仪测量通风机轴功率

测定通风机轴的扭矩可采用扭矩仪，将扭矩仪安装在通风机与传动系统或驱动通风机的电机之间，将获得的扭矩值乘以测量的转速计算求得功率。

如果测量转速的误差为 0.5%，测量扭矩仪表的精度高于 1.5%，可使测定功率的精度达 2%。

经双方同意，可采用静态校准的仪表数据，该数据与速度无关，在这情况下，应在相同条件下进行校准。

在某些情况下，仪表应由双方认可的权威机构在试验前、后在现场试验期间所遇到的条件下，和对仪表状况没进行任何调整的情况下进行校准。当负载增大时，进行扭矩测量时应注意在读数期间负载不应减少；当负载减少时应采取类似的措施。如果加载与卸载的扭矩值差大于 1.5%，则扭矩仪是不令人满意的。在相反的情况下，应保留加载和卸载时测量的平均值。假如两次测量值相差不大于

1.5%，试验前、后所测得的两条校准线的平均值，应用于进行计算的校准曲线。

9.3.3 用分离损失法确定电机输出功率

9.3.3.1 概述

驱动电机的轴功率可通过在电机端子处测得的输入功率 P_e 乘以用分离损失法估算的电机效率进行计算。

损失估算是不同的，它取决于采用的是三相交流电机或直流电机。

电机的损失可按 GB 755.2 进行测量。

9.3.3.2 三相感应电机驱动通风机的情况

下述损失应予以考虑：

- a) 恒定损失
 - 铁心及其他金属部件的附加无负载损失；
 - 在运行中轴承及电刷的摩擦损失；
 - 电动机中总的风阻损失。
- b) 负载损失
 - 一次绕组中电阻损失；
 - 二次绕组中电阻损失；
 - 电刷的电损失(如果有)。
- c) 附加负载损失
 - 活性铁及除导线外的其他金属件引起的损失；
 - 涡流损失。

效率可按总的损失进行计算，总的损失可以是下述方法中确定的损失的总和。

- a) 恒定损失 恒定损失之和是由运行的空载电机确定的。电动机按额定电压和频率供电。电机吸收功率减去一次绕组的电阻损失，给出总的恒定损失。二次绕组的电阻损失可忽略不计。
- b) 负载损失 一次绕组的电阻损失按一次绕组电阻(是采用直流法测得的并考虑温度修正)和对应于计算损失时的负载电流进行计算。

所取的二次绕组的电阻损失应等于转差和传输到二次绕组总功率的乘积。

附加负载损失假设按一次电流的平方变化，全负载时总值则等于电机额定输入的 0.5%。

9.3.3.3 直流电机或单相感应电机驱动通风机的情况

对于电机效率的测定应参照 GB 755。

9.3.4 参考与使用电机相同的电机性能

在不能使用分离损失法时，经双方达成协议，容许采用电机制造厂提供的电机性能数据(该性能数据可以是按与现场试验所用电机相同的电机预先估算的)。制造厂所提供的数据按测量电机输入值结果确定电机的输出功率是足够的。

确定性能时，试验期间电机功率应与有效功率一致，电压应是稳定的，而且其平均值不应超过所用电压的 2%。

电机所提供的有效功率对应于电机输入功率，当给出作为其他的功率函数时，前者可从表中直接推导出，当给出效率或效率和功率因数时，也可从表中间接推导出。

在第二种情况下，电机的输出功率使用下式：

$$P_o = P_e \eta_M$$

式中， P_e 对单相电机是用电度表测定，对三相电机，则用 2 个电度表测定。

在第三种情况下，电机的输出功率使用下式：

对于单相电机， $P_o = \cos\varphi UI\eta_M$

对于三相电机， $P_o = \cos\varphi \sqrt{3}UI\eta_M$

式中： U 和 I 表示现场试验中所测得的电压和线电流值。对于三相电机，则表示每相所测值的平均值。

9.3.5 采用校准的电机

采用校准的电机可用给定的效率曲线或作为输入功率函数的有效机械功的变量，按输出到其端子的功率推导出电机的输出功率。预先由供方和买方协商一致，在试验台上绘制出曲线。这些数据应按 9.3.4 所述相同的方法使用。

应从低于额定电压 10% 到高于额定电压 10% 的电压范围内确定这些数据。

进行这些测量，应使电机在负载下至少运转 90 min，确保其温度尽可能接近操作时达到的温度。

为了采用校准数据，确保输出到电机的功率与校准时所使用的功率一致，电压应是稳定的，其平均值与校准电压之差不大于 2%。

当对电源的稳定性及频率有怀疑时，应进行频率测量。

9.4 测量仪表

在各种情况下，功率、电压及电流都应使用按校正曲线进行修正的 0.5 级或是不需修正和 0.2 级仪表进行测量。测量仪表的选择应使其读数大于全刻度读数的一半。为将误差减至最小，测量用的电流互感器及变压器的选择应尽可能接近其额定负载下工作，这些仪表通常应尽可能靠近电机端子连接，以防电缆中的电压降影响测量精度。

9.5 现场试验注意事项

应注意所测量的功率对应于所测得的质量流量值和通风机单位质量功。

为此，应保证在这两种值的测量期间，进行足够数量的输入功率的测量，且功率不发生突变或渐变。

10 与通风机性能测定相关的不确定度

10.1 概述

这些试验结果将提供一个风道系统的气流阻力的实际值，它可以与规定值进行比较，并也可以提供一个试验通风机的性能点，与用标准化风道试验测定的通风机特性曲线相比较，无论在何种情况下由于下面任一原因都可能产生误差：

- 泄漏，再循环或系统中其他故障；
- 风道系统气流阻力的不精确估算；
- 标准化试验数据的错误应用；
- 某个系统部件位置太靠近通风机出口或在别的地方所产生过大的损失；
- 由弯头或其他的系统部件位置太靠近通风机进口而引起的通风机性能干扰；
- 现场测试中固有的误差。

在许多情况下，现场条件性能测试的精度基本上不及用标准化风道进行通风机试验所预期的精度，在这种情况下，除现场试验外，还可能要求对按标准化风道布置的实物或模型通风机进行试验。

如果制造商和买方达成协议，现场试验可作为通风机验收试验的基础。如果任何现场试验已作为制造厂和买方之间保证的一部分，通风机在现场安装前，制造商应检查风道安装或布置图，并商定最好的测试位置。制造厂可按本标准的要求对给定的试验提出必要的改进意见。

在不能严格遵守本标准之处，买卖双方可达成某些修改协议，但在这种情况下很可能影响其结果的精度。

10.2 性能误差

任何通风机性能试验都存在误差，而且这些试验误差的范围可期望在数字上限定，如同测量误差一样。此外，由于不可避免在制造上的误差，它们与另一个标称相同的通风机不能完全相同。这预期的制

造误差的范围应附加到测量误差中,以确定对性能技术要求的最小公差。此公差在本标准中未作规定。但有关它们使用的一些推荐在 10.5.9 和 10.5.10 中给出。

10.3 测量的不确定度

在本标准中,测量的不确定度由直接测量值(例如压力)或从另一个测量值确定的量值(例如容积流量)的百分数表示,应该指出:引用的 95% 的可信范围意味着,在缺少大量有正态分布的测量值时,95% 可预期在大于下限的 2.5% 和低于上限的 2.5% 规定范围内。

在 GB/T 1236—2000 的第 17 中,对各个测量值所要求的精度范围作了规定,并也可作为最大不确定度的范围,不确定度是以计算得出相关参数的百分数表示的,例如:温度 t 测量到 $\pm 1.0^\circ\text{C}$,在室温下试验时,则相应的不确定度可取为绝对温度 $(273+t)$ 的 $\pm 0.5\%$ 。

此例也说明“舍入”近似法适用误差估计。取大气温度范围为 0°C 至 40°C ,则相应的不确定度计算分别为 $\pm 0.36\%$ 和 $\pm 0.32\%$,这是相当不确切的,然而,现实的估计数为 $\pm 0.5\%$ 。

10.4 确定的不确定度

只要当通风机进口或出口的温度和压力在正常大气范围内,表 7 中给定的最大测量不确定度适用于在 GB/T 1236—2000 第 17 中所确定的量。

10.5 不确定度的分析

10.5.1 概述

将一系列的测量参数组合在一起并涉及到规定的条件时,这种分析基本上是处理综合不确定度。

从一系列测量值确定的量有容积流量,通风机压力和通风机输入功率,确定这些量的不确定度主要取决于单一测量值的误差和不确定度分配。

表 7 最大不确定度

参 数	最大不确定度
大气压力(由就地校准但未经温度修正的气压计测定)	p_a 的 $\pm 0.3\%$
温度(测量到 $\pm 1.0^\circ\text{C}$,并以绝对温度表示)	$(273+t)$ 的 $\pm 0.5\%$
湿度(在干球温度为 30°C ,由于测定湿球温度 t_w 的误差为 $\pm 2^\circ\text{C}$)而引起的空气中密度的不确定度	ρ_a 的 $\pm 0.2\%$
静压(大于 150 Pa ,1% 压力计连同 1% 读数波动误差)	p_s 或 Δp 的 $\pm 1.4\%$
管道或通风机出口面积	A 的 $\pm 0.5\%$
孔板或喷管喉部面积	$\frac{\pi}{4}d^2$ 的 $\pm 0.2\%$
叶轮转速	n 的 $\pm 0.5\%$
输入到叶轮的功率(不包括测定的传动损失)	P_r 的 $\pm 2.0\%$
大气的空气密度(包括测定中湿度修正)	ρ_a 的 $\pm 0.4\%$
有湿度修正的风道内的空气密度(压比 $r \leq 1.3$ 的任何通风机)	ρ_a 的 $\pm 0.6\%$
没有湿度修正的风道内的空气密度(通风机压力 $p_r \leq 10\,000\text{ Pa}$ 和含湿量 $\leq 0.015\text{ kg/kg}$)	ρ_a 的 $\pm 0.6\%$

10.5.2 进口容积流量(或质量流量)

在流动条件满足 8.2.1 中规定要求和流量按 8.3 测定时,其最大不确定度为: q_V 的 $\pm 2.0\%$ (或 q_m 的 $\pm 2.0\%$)。

当涡流出现或流线相互不近似平行时,不确定度将增大。

当按照 8.4 要求测定流量时,

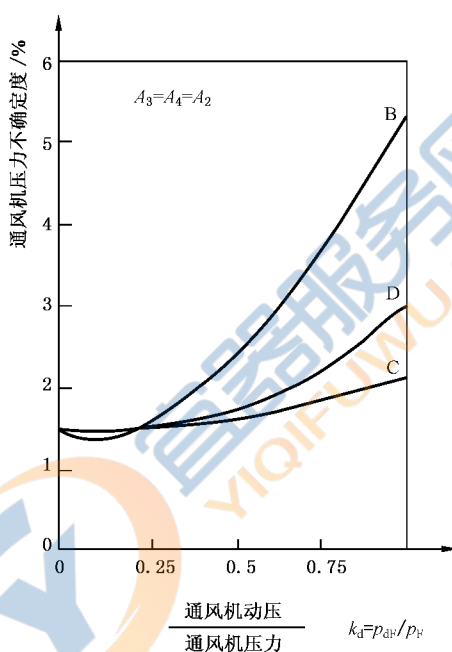
- 对于在规则形状的风道中,采用皮托静压管测量时测量不确定度为 q_V (或 q_m) 的 $\pm 3.0\%$;
- 对于在不规则形状的风道中,采用皮托静压管测量时测量不确定度为 q_V (或 q_m) 的 $\pm 3.3\%$;
- 对于在规则形状的风道中,采用风速计测量时测量不确定度为 q_V (或 q_m) 的 $\pm 3.5\%$;
- 对于在不规则形状的风道中,采用风速计测量时测量不确定度为 q_V (或 q_m) 的 $\pm 4.0\%$ 。

10.5.3 通风机动压

通风机动压最大不确定度大约为 p_{d2} 的 $\pm 4\%$ 。

10.5.4 通风机压力

这取决于安装类型(B、C或D)和通风机动压与通风机压力的比值。对进口和出口管道的面积等于通风机出口面积的情况, p_F 的最大不确定度对这些因素的依赖关系在图 29 中给出。这些面积从 $+7\%$ $\sim -5\%$ 变化时,该不确定度变化是不明显的。



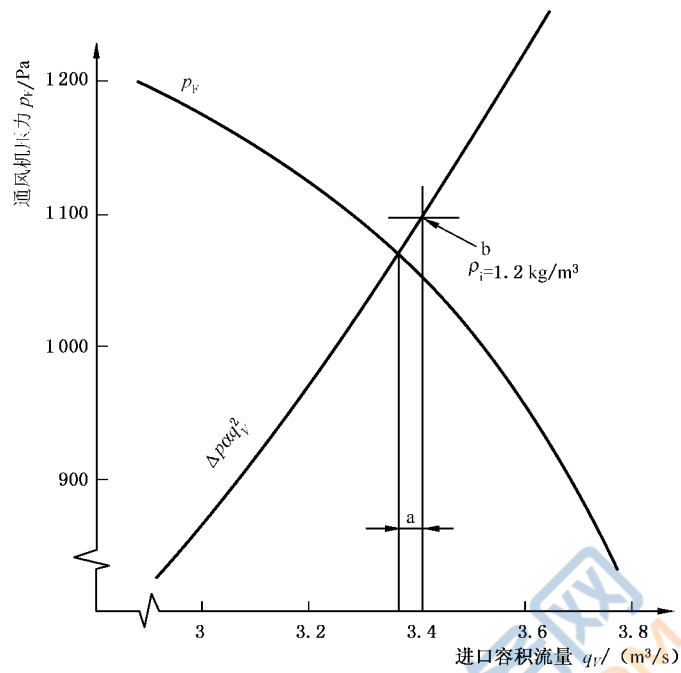
注: B、C、D 是装置类型。

图 29 通风机压力不确定度

10.5.5 特性曲线不确定度(见图 30)

当在不变的系统阻力下试验时,容积流量的最大不确定度取决于通风机特性曲线的斜率(见图 31)。阴影下面积适用于 q_V 变化 $+1\%$, p_F 随着变化 $0\sim -2\%$ 的比例斜率,并通常包括了特性曲线上的最佳效率点。

注: S 是特性曲线的比例斜率,即 $S = \Delta p_F / \Delta q_V$,通风机压力变化的百分数与容积流量变化的百分数之比。当流量增加而压力下降时, S 是负值。



- a 特性曲线误差。
- b 规定负载在 1 100 Pa 时为 3.4 m³/s。

图 30 规定负载的试验实例

10.5.6 通风机效率

通风机效率不确定度在图 31 中以单独的标度示出。

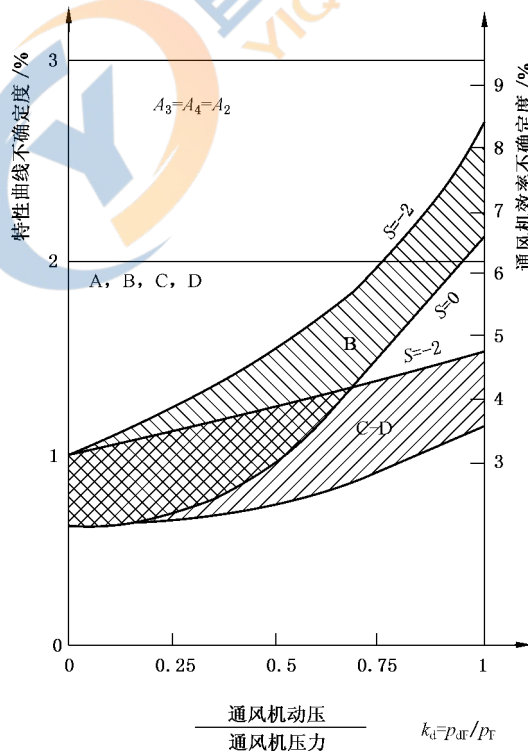


图 31 特性曲线不确定度及通风机效率不确定度

10.5.7 转速

从试验转速到规定转速的转换影响将增大最大不确定度,以%表示如下:

- 在进口容积流量中不确定度:从 $\pm e_q$ 到 $\pm (e_q^2 + 0.25)^{0.5}$
- 在通风机压力中不确定度:从 $\pm e_{pF}$ 到 $\pm (e_{pF}^2 + 1.0)^{0.5}$
- 在特性曲线中不确定度:从 $\pm e_\Delta$ 到 $\pm (e_\Delta^2 + 0.25)^{0.5}$

在通风机效率中不确定度没有变化。

10.5.8 功率测定不确定度(电气法)

在三相电系统中,假定积分电度表示出对应于 W_1 和 W_2 的两个测量值。

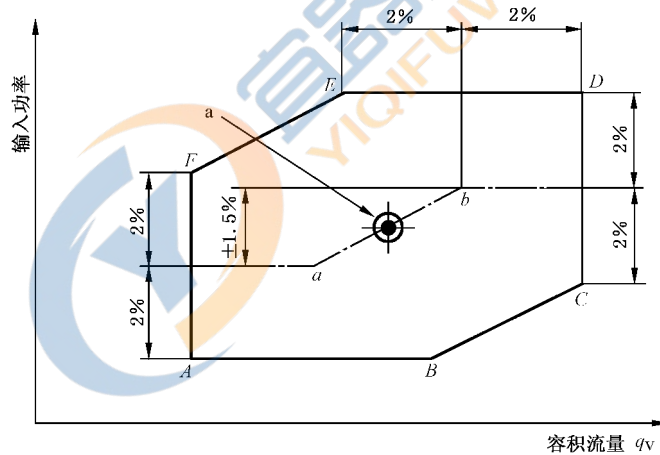
电度表应是等级指数为0.2的精密仪表,仪表不确定度为 $\pm 0.2\%$ 。当仪表在等于或大于其满量程的50%工作时,则输入到该表的功率估计值将是 $\pm 0.5\%$ 。如果满足GB 755的全部条件,则该仪表性能不确定度为 $\pm 0.6\%$,并且输入功率的总不确定度为 $\pm 2.0\%$ 。

10.5.9 输入功率与容积流量特性

在相应的容积流量变化下,制造公差不应导致输入功率的变化大于 $\pm 1.5\%$ 。

图32中示出了通风机的基本功率应位于 ab 线上,实际位置取决于通风机的流量,在 ab 线的任一点上,仪表和测量容差均适用。

在 a 和 b 的极限值有 $a \pm 2\%$ 的流量误差,并伴随 $a \pm 2\%$ 的功率误差,而且这生成了预期测量功率和流量所在的容差范围。如果所测功率随同流量 q_v 位于由 $ABCDEF$ 包围的框图内,则可认为通风机已满足在流量和输入功率规定的性能。



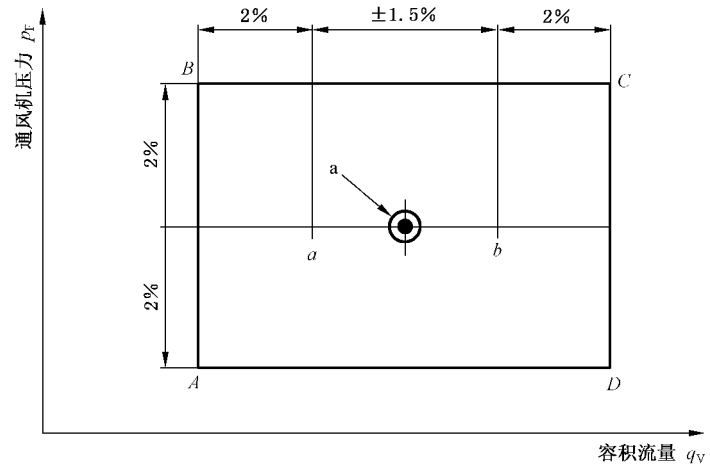
^a 目标负载在628 kW时为36.08 m³/s。

图32 功率与容积流量特性的典型实例

10.5.10 压力与容积流量特性

制造厂的公差不应导致容积流量的变化大于 $\pm 1.5\%$ 。图33示出了通风机压力位于 ab 线上,实际位置取决于通风机流量。在 a 和 b 的极限值有 $a \pm 2\%$ 的流量误差并伴随 $a \pm 2\%$ 的压力误差,其组合给出一个预期测得的通风机压力和流量范围的容差框图。

如果所测的压力随同流量 q_v 位于由 $ABCD$ 包围的框图内,则可认为通风机已满足在流量和通风机压力规定的性能。



^a 目标负载在 628 Pa 时为 36.08 m³/s。

图 33 通风机压力与容积流量特性的典型实例



附录 A

(规范性附录)

符合通用功率定律的限界测试线的位置

A.1 概述

如果在截面限界区内,壁面流速分布是垂直于基准线,按通用功率定律变化,由壁面截取的线段长度(见图 A.1):

$$l_x = l_0 + (l_a - l_0) \left(\frac{x}{a} \right)^{1/pl'}$$

式中:

l_x ——横坐标 $X=x$ 时的长度;

l_0 ——横坐标 $X=0$ 时的长度;

l_a ——横坐标 $X=a$ ($a = \frac{L}{m_1}$, 且 $m_1 =$ 横线数) 时的长度。

限界测试线的相对位置 $z = \frac{b}{a}$, 可以按超越方程式计算:

$$z^{1/pl} [l_0 + (l_a - l_0) z^{1/pl'}] = l_0 \frac{pl}{pl+1} + (l_a - l_0) \frac{pl''}{pl''+1}$$

而:

$$\frac{1}{pl''} = \frac{1}{pl} + \frac{1}{pl'}$$

$\frac{1}{pl}$ ——壁面流速渐近特性定律的指数;

$$v_x(y) = v_x(d) \left(\frac{y}{d} \right)^{1/pl} \quad (0 < y < d \text{ 适用于所有 } x \text{ 值})$$

式中:

$v_x(y)$ ——横坐标 $X=x$ 的测试线上在距离管壁为 y 时的速度;

$v_x(d)$ ——同一测试线上在最靠近管壁 ($y=d$) 测试点的速度;

$\frac{1}{pl'}$ ——管壁限界流速分布的通用功率定律的指数。

这超越方程用迭代法容易解出。

pl' 值可以通过在给变量 l_x 作为 x 函数的曲线中,当 $X=a$ 时,绘制切线图解的方法进行确定。即(图 A.1)。

$$pl' = \frac{AC}{AB}$$

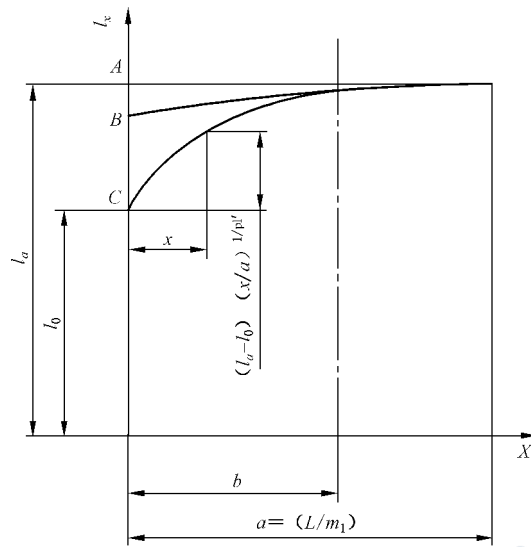


图 A. 1

A. 2 特殊情况

A. 2. 1 如果 $l_0 = 0$, 符合功率定律的流速分布 (见图 A. 2)。

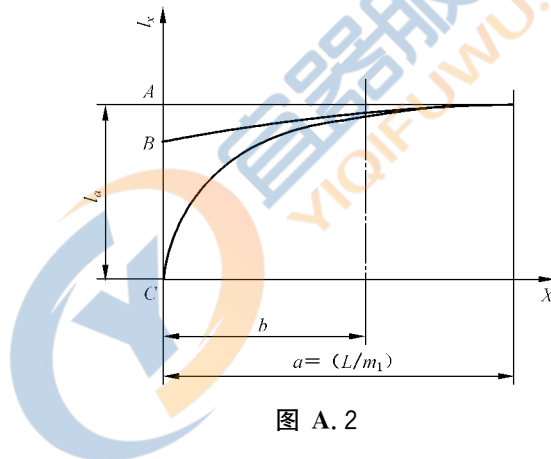


图 A. 2

限界测试线的相对位置 $z = \frac{b}{a}$ 由方程式给出:

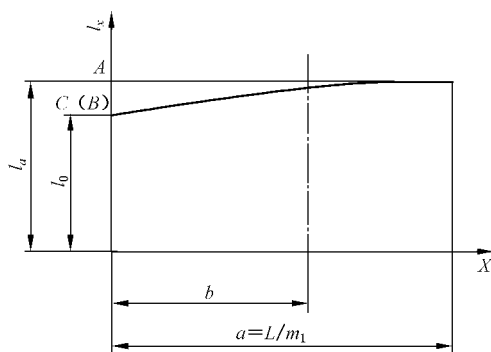
$$\frac{b}{a} = \left(\frac{pl''}{1 + pl''} \right)^{pl'}$$

而: $\frac{1}{pl''} = \frac{1}{pl} + \frac{1}{pl'}$, 且 $pl' = \frac{AC}{AB}$ (图 A. 2)

A. 2. 2 如果 $pl' = 1$ ($AC = AB$), 在一个不规则四边形中的限界截面 (见图 A. 3)。

界限测试线的相对位置 $z = \frac{b}{a}$ 可按超越方程迭代法计算:

$$z^{1/pl} [l_0 + (l_a - l_0)z] = l_0 \frac{pl}{pl + 1} + (l_a - l_0) \frac{pl}{2pl + 1}$$



$\frac{l_a - l_0}{l_0}$	pl		
	5	7	10
0	0.401 9	0.392 7	0.385 5
0.5	0.468 5	0.469 5	0.472 8
1	0.487 1	0.486 9	0.488 2
2	0.500 5	0.498 7	0.497 9

图 A. 3

A. 2. 3 如果 $l_0=0, pl'=1$, 在拐弯处的限界流速分布(见图 A. 4)。

限界测试线的相对位置 $z = \frac{b}{a}$ 由下式方程给出:

$$\frac{b}{a} = \left(\frac{pl}{2pl + 1} \right)^{\frac{pl}{pl+1}}$$

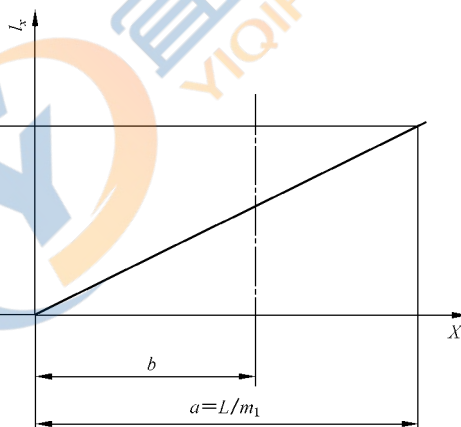


图 A. 4

附录 B
(规范性附录)

在附录 A 中未包括的限界测试线位置的确定

在对此还没充分研究的情况下,可按多项式定律适当近似估算限区内管壁的流速分布(最大为 9°),限界横线的无因次或相对位置 $\frac{b}{a}$ 可按下述方法予以确定。

a) 在包括 $y=kx^{-1/pl}$ (见图 B.1, $pl=7$) 方程曲线的平面上,
式中:

x ——从 0~1 变化;

y ——从 0~0.9 变化。

采用适当的比例,绘制垂直于基准线直至横坐标 $1 = \frac{L}{m_1 a}$ 的管壁上所截取无因次长度线段的变化规律 l_x/a 。

b) 从此图中测量 5 个截面的高度 l_i/a 与基准线垂直,在横坐标 $x_i = \zeta_i$ 时, ζ_i 值由考虑 pl 值的表 B.1 中给出。

c) 按加权系数 f_i (也在表 B.1 中给出), I/a 按下式计算:

$$I/a = \sum_{i=1}^5 f_i l_i/a$$

并应绘制垂直于基准线横坐标 1 (在右角) 的长度 I/a 。

d) 通过点 $(1, I/a)$ 的平面曲线与壁面型线 $l_x/a(x)$ 的交点,提供限界横线的无因次横坐标 b/a 。

表 B.1 积分 I 的计算

pl=5	ζ_i	0.057	0.246	0.513	0.776	0.953
	f_i	0.072	0.182	0.245	0.221	0.114
pl=7	ζ_i	0.054	0.242	0.509	0.774	0.954
	f_i	0.083	0.196	0.255	0.226	0.115
pl=10	ζ_i	0.052	0.238	0.506	0.773	0.954
	f_i	0.092	0.206	0.263	0.230	0.116

实例:

在图 B.1 上绘出采用 l_x/a 的变化规律(假设靠近管壁的流速分布是符合指数 $1/7$; $pl=7$ 时的功率定律)。

这样,按照图的无因次比例,获得在表 B.2 中给定值。

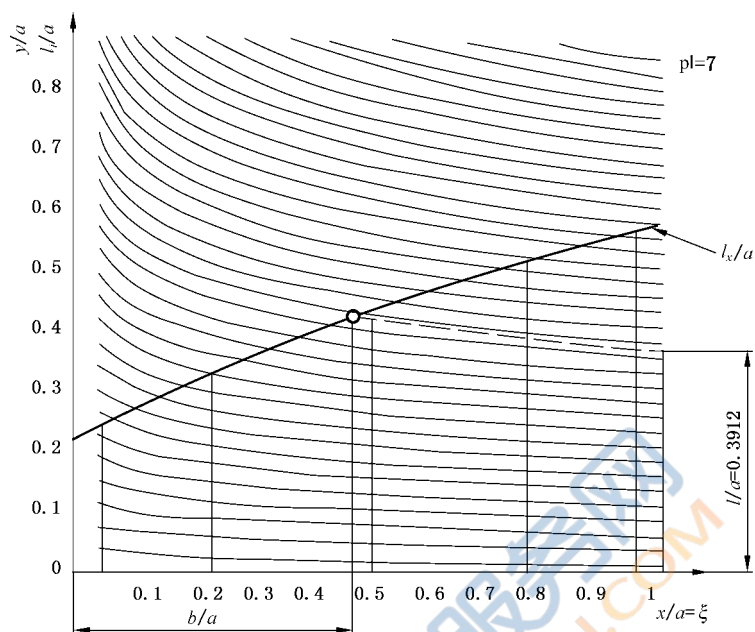
表 B.2 计算实例

ζ_i	x_i/mm	x_i/a	l_i/a	f_i	$f_i l_i/a$
0.054	10.8	0.054	0.247 5	0.083	0.020 54
0.242	48.4	0.242	0.340	0.196	0.066 64
0.509	101.8	0.509	0.447 5	0.255	0.114 11
0.774	154.8	0.774	0.540	0.226	0.122 04
0.954	190.8	0.954	0.590	0.115	0.067 85
				$l/a = \sum f_i l_i/a$	0.391 18 $\cong 0.391 2$

由此,限界测试线的无因次位置(由图 B. 1)求得:

$a = 200 \text{ mm}$ 时,

$b = 200 \times 0.475 = 95 \text{ mm}$



l_x/a ——无因次管道高度;

$y = kx^{-1/p}$ 。

图 B. 1

附录 C (规范性附录)

使用差压装置(DP 装置)测量流量的上游段和下游段最小直线长度的要求

C.1 概述

C.1.1 靠近差压装置上游段或下游段存在干扰或障碍,会使流量发生变化,将影响 GB 2624 规定的流量系数的使用。

C.1.2 为了确定测量流量用的差压装置中干扰的影响,必须弄清下列各项:

- 差压装置的型号;
- 其面积比;
- 压力孔的布置和型式;
- 靠近干扰差压装置上游段有关孔的方位;
- 干扰的型式和范围;
- 上游干扰和最近差压装置间的距离;
- 当各种干扰互相作用时,其他干扰源的相应布置。

C.1.3 对标准差压装置(孔板、喷嘴、文丘里管)及其管线上游段的不同布置,本附录给出了差压装置上游段所要求的最小直线长度,这将保证测量的正确性,并指出,在各种场合应对标准中规定的用于相同面积比、雷诺数等的流量系数进行修正,而且还给出了附加误差。

C.2 近似系数和误差的相关系数

标准差压装置安装在非标准条件下,对测量结果的干扰影响应采用计算流量乘以校正系数(称为近似系数),该值是干扰源、差压装置和流量特性的函数(见表 C.1 和表 C.2)。

采用近似系数会增大流量测量的误差程度。对每一个近似系数,应有附加误差 f (见表 C.1 和表 C.2),根据 GB 2624 差压装置型式的规定,此值要加到计算的误差上。

可用下式计算管路中的流量:

$$q_{Vr} = Fq_{Vs} \pm (\delta q_{Vs}/q_{Vs} + f)q_{Vs}$$

式中:

- q_{Vr} ——管路中的容积流量;
- q_{Vs} ——对使用差压装置在标准条件下的流量系数进行估算的容积流量;
- δq_{Vs} ——按照 GB/T 2624 规定的条件下估算的容积流量 q_{Vs} 的绝对误差;
- F ——表 C.1 和表 C.2 中给出的近似系数;
- f ——在非标准条件下使用的差压装置所增加的附加误差。

应注意下述注解:

- a) 近似系数和对应误差值在表 C.1 和表 C.2 中给出,用于差压装置前干扰源上游段,非轴向对称稳定,无涡流。

当差压装置上游段存在二个连续的干扰源时,第二个干扰源上游段要求的直线长度由其前面干扰源的型式予以确定。两个干扰源之间的距离至少应等于 GB 2624 中给定的长度。当有涡流时应按 C.6 中规定处理。

- b) 截面上差压按 4 个压力孔确定,该孔按与最靠近干扰上游段的对称平面成 45° 布置。表 C.1 和表 C.2 中给出适于各种情况应采用压力孔的型式。
- c) 采用每个压力孔上分别读出压力,计算平均值作为此截面压力值。如果这种方法不适用,则可

将 4 个压力孔连接在一起,呈“三联-T”形,如图 C.1 所示。

d) 角接压力孔比法兰或 $D-D/2$ 测压孔对压力波动的灵敏性低,应精确制造。

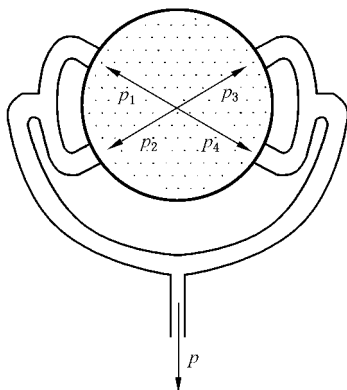


图 C.1

表 C.1 在干扰下游段安装孔板所推荐上游段的最小直线长度

干扰型式		孔板面积比 r_A	压力孔型式	干扰和孔板 之间距离 L	近似系数 F	F 的误差 f			
1. 单一 90° 弯头	1.1 斜接	$r_A \leq 0.64$	推荐的三种型式 中的任何一种	$L \geq 8D$	0.990	± 0.010			
	1.2.1 $R/D=1.0$	$r_A < 0.5$		$L \geq 8D$	0.990	± 0.010			
	1.2.2 $R/D=1.5$	$0.5 \leq r_A \leq 0.64$		$L \geq 15D$	0.990	± 0.010			
		$r_A < 0.5$		$L \geq 8D$	0.990	± 0.010			
	1.2.3 $R/D=4.75$	$0.5 \leq r_A \leq 0.64$		$L \geq 12D$	0.990	± 0.010			
2. 非 90°的单一弯头				不推荐					
3. 两个相同 90°的“S” 型弯头	3.1 弯头之间无隔离物	$r_A \leq 0.64$	D 和 $D/2$ 法兰或角接	$L \geq 30D$	1.000	± 0.010			
	3.1.1 斜接								
	3.1.2 $R/D=1.5$	$r_A = 0.5$		$L \geq 8D$	0.990	± 0.010			
	3.2 弯头之间有隔离物	无结果							
	3.2.1 斜接								
	3.2.2 $R/D=1.5$, 间距 = $4D$								
4. 两个相同 90°的“U” 型弯头	4.1 两个弯头之间无隔离物	$0.25 \leq r_A \leq 0.5$	任意	$6D \leq L \leq 30D$	0.995	± 0.010			
	4.1.1 斜接						$L \geq 10D$	0.990	± 0.010
	4.1.2 $R/D=1.5$								
	4.2 弯头之间有隔离物	$0.5 < r_A \leq 0.64$		任意	$L \geq 8D$	0.990	± 0.010		
	4.2.1 斜接							无结果	
	4.2.2 $R/D=1.5$, 间距 $\geq 5D$								

表 C.1 (续)

干扰型式		孔板面积比 r_A	压力孔型式	干扰和孔板 之间距离 L	近似系数 F	F 的误差 f
5. 垂直平面 内的两个 相同的 90°弯头	5.1 弯头之间无隔离物					
	5.1.1 斜接	$r_A \leq 0.64$	任意	$L \geq 40D$	1.000	± 0.010
	5.1.2 $R/D=1.5$	$0.25 \leq r_A \leq 0.64$	任意	$L \geq 15D$	1.000	± 0.010
	5.1.3 $R/D=4.75$	$0.25 \leq r_A \leq 0.64$	任意	$8D \leq L \leq 24D$	0.995	± 0.010
	5.2 弯头之间有隔离物				无结果	
	5.2.1 斜接					
	5.2.2 $R/D=1.5$, 间距 $\geq 5D$	$r_A \leq 0.5$ $0.25 \leq r_A \leq 0.64$	任意 任意	$L \geq 8D$ $L \geq 12D$	0.990 0.990	± 0.010 ± 0.010
6. 轴对称干扰	6.1 中心圆盘 $a=0.5$	$r_A=0.5$	角接, 法兰	$L \geq 8D$	0.990	± 0.010
	6.2 孔板	$0.2 \leq r_A \leq 0.64$	任意	$L \geq 25D$	0.995	± 0.005
	6.3 平面入口	$0.1 \leq r_A \leq 0.64$	任意	$L \geq 5D$	0.990	± 0.010
7. 阀	7.1 闸阀至少 50%开度	$r_A \leq 0.5$	任意	$L \geq 12D$	0.993	± 0.013
	7.2 闸阀至少 65%开度	$r_A \leq 0.64$	任意	$L \geq 8D$	0.993	± 0.013
	7.3 蝶阀至少 45°开度	$r_A \leq 0.64$	任意	$L \geq 12D$	0.993	± 0.010

表 C.2 在干扰下游段安装喷嘴和文丘里管所推荐上游段的最小直线长度

干扰型式		装置形式	面积比 r_A	压力孔形式	干扰和装置 之间的距离 L	近似系数 F	F 的误差 f
1. 单一 90° 弯头	1.1 斜接弯头	喷嘴和 文丘里喷管	$r_A < 0.35$ $0.35 < r_A < 0.6$	任意 任意	$L \geq 5D$ $L \geq 12D$	无结果	
	1.2 $R/D=1.5$					0.990	± 0.010
	1.3 其他值 R/D					0.990	± 0.010
2. 非 90°的单一弯头							
3. 垂直平面 内的两个 相同的 90°弯头	3.1 有或没有隔离物 的斜接弯头	喷嘴和文 丘里喷管	$r_A < 0.5$ $0.35 \leq r_A \leq 0.6$	任意 任意	$L \geq 5D$ $L \geq 12D$	无结果	
	3.2 倾斜弯头 $R/D=1.5$ 无(有)隔 离物					0.990	± 0.010
4. 两个相同 90°弯头的 其他组合			见 3.2 条				

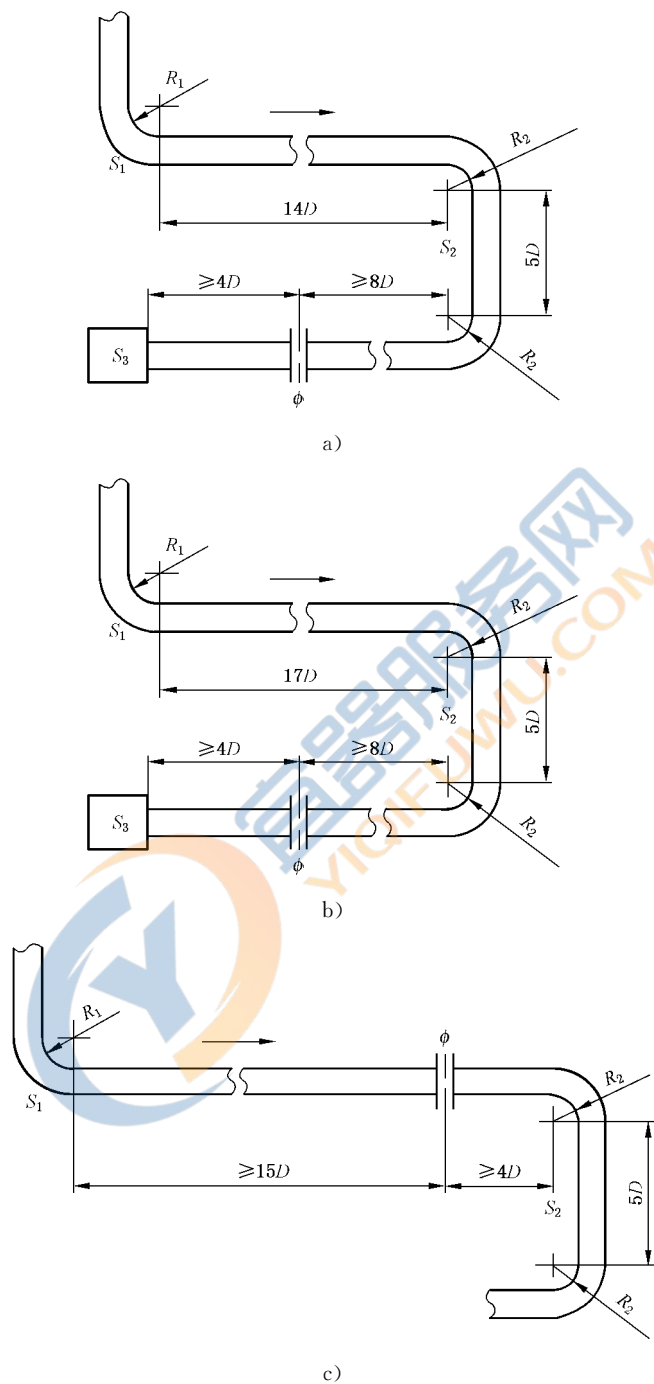
C.3 差压装置上游段要求的最小直线长度

C.3.1 孔板

所有在非标准条件下使用孔板有关的必要系数见表 C.1。

C.3.2 喷嘴和文丘里管

所有在非标准条件下使用喷嘴和文丘里管有关的必要系数见表 C.2。



图中：

S_1 为 90° 弯头, $R/D=1$;

S_2 为双 90° 的 U 型弯头, $R/D=1.5$, 间距为 $5D$;

S_3 为任何干扰源;

ϕ 为孔板, $r_A=0.64$;

→ 气流方向。

图 C.2

C.4 差压装置下游段要求的最小直线长度

用于流量测量的标准差压装置和位于其下游的任何干扰源之间要求最小直线长度为 $4D$ 。

C.5 推荐值的应用

C.5.1 在管路中选择测量装置位置的实例

见图 C.2 中的管路图。这三个图按气流方向包含下列连续的干扰源：

- 由关系式 $R/D=1.0$ 确定曲率半径的 90° 弯头(见表 C.1 中 1)。
- 由关系式 $R/D=1.5$ 确定曲率半径并由 $5D$ 直线长度分隔开的两个相同 90° 的 U 型弯头(见表 C.1 中 4)。

三个图之间的差别在于两个干扰源之间的距离,在图 C.2a) 中为 $14D$,在图 C.2b) 中为 $17D$,在图 C.2c) 中为 $19D$ 。

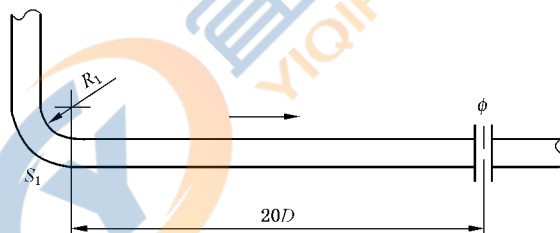
图 C.2a)、b) 中的两个干扰源之间安装面积比为 $r_A=0.64$ 的孔板是不允许的,其实,第一个干扰源和测量孔板之间所要求的最小距离是 $15D$ (见表 C.1)。由于在图 C.2a) 中两个干扰源之间的距离仅有 $14D$,所以,不能满足这条件。相反倘若不考虑其他因素,图 C.2b) 可以满足此要求,但是,孔板下游不可能同时有 $4D$ 的距离。

在这两个图中,如果能保持第二个干扰源和测量孔板之间的最小距离为 $8D$ (见表 C.1),以及测量孔板下游段的最小距离为 $4D$,差压装置的位置应置于第二个干扰源下游段。

按照本标准的规定,图 C.2c) 示出两个干扰源之间测量孔板的位置。

C.5.2 近似系数应用实例

测量流量采用位于 90° 弯头, $R/D=1$ 干扰源下游段 $20D$ 处,其面积比 $r_A=0.64$ 的孔板(图 C.3)。



图中：

S_1 为 90° 弯头； $R/D=1$ ；

ϕ 为 $r_A=0.64$ 的孔板。

图 C.3

如果不考虑干扰,采用 GB/T 2624 容积流量值为：

$$q_{Vs} = 2.015 \pm 0.026 (\text{m}^3/\text{s})$$

测量不确定度应使置信度达到 95%。

按表 C.1 的计算,为将干扰考虑在内,采用附加误差为 $\pm 1\%$ 的近似系数 0.99。

按下列表达式可计算容积流量：

$$q_{Vr} = 0.99 \times 2.015 \pm (0.026 + 0.01 \times 2.015) = 1.995 \pm 0.046 (\text{m}^3/\text{s})$$

在任何情况下,流量值均与其误差程度有关。

C.6 防涡流装置的采用

C.6.1 在涡流加剧的干扰处,干扰源和测量孔板之间所要求的最小直线长度可通过安装 $2D$ 长星状型防涡流装置予以减少,且至少距干扰下游段为 $3D$ 处(图 C.4)。

C.6.2 对于 $r_A \leq 0.64$ 和任何涡流强度,防涡流装置的下游段和测量孔板之间应保持最小 $6D$ 的直线

长度。

C. 6.3 在测量孔板和其下游段的第一个干扰源之间的距离,必须保持最小 $4D$ 的直线长度。

C. 6.4 在这些条件下,应采用附加误差为 $\pm 1\%$ 的近似系数 $F=0.99$ 。

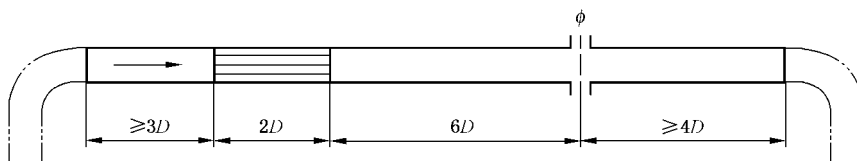


图 C. 4



附录 D

(规范性附录)

光滑直风管与标准化风道的损失容差

在长度为 L_D 、水力直径为 D_h 、均匀、平直光滑壁面的管路中,由充满的气流所产生的压力降取决于在图 D.1 中所示的雷诺数 Re 。根据下列表达式得出:

$$\Delta p = \lambda \frac{L_D}{D_h} \frac{1}{2} \rho_x v_x^2$$

$$\lambda = 0.005 + 0.42(Re)^{-0.3}$$

式中:

$D_h = D$, 用于圆形横截面;

$D_h = \frac{2bh}{b+h}$, 用于尺寸为 b 和 h 的矩形横截面;

$D_h = 4 \left[\frac{\text{横截面积}}{\text{横截面周长}} \right]$, 用于任何形状的风道;

L_D ——管道的长度;

Re ——管路中气流的雷诺数。

对于直径 100 mm 以上的喷漆或镀锌轧制钢管和直径 500 mm 以上具有大间距且良好配合连接的镀锌钢管均可作为光滑管来确定摩擦容差。

对其他管材的摩擦系数应由供货方与买方商定。

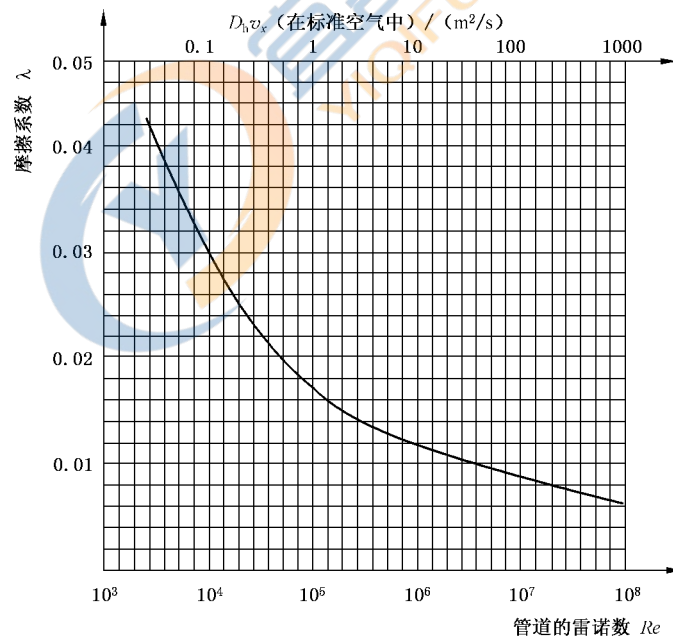


图 D.1 摩擦系数为雷诺数的函数

附 录 E
(规范性附录)
转叶式风速计校准

E.1 概述

本附录涉及到按本标准在通风机试验中,用于空气流速测量的转叶式风速计的校准,并可参照 6.2.2。

推荐下列方法和结果显示:

- a) 检查风速计是否损坏,并应在校准前排除发现的任何故障。
- b) 风速计应在测量标度、流体密度及轴线与相对垂线定位尽可能接近实际使用条件的情况下进行校准。
- c) 推荐的用于校准的风洞设计为“闭式工作段”型和“开式喷管”型。风洞应有检验证和可追踪的关于速度测量精确度的文件。
- d) 闭式工作段风洞应为圆形或八边形的横截面,其面积至少是风速计迎风面积的 25 倍。风速计应位于风道的中心。

如这不可能,可根据“非流线体”理论对风道中的风速计给出堵塞容差。

$$\left[\frac{v_0}{v_i}\right]^2 = 1 - 3.15 \frac{S}{C}$$

式中:

v_0 ——无障碍的风洞速度;

v_i ——带有定位仪表的风洞速度;

C ——风洞的横截面积;

S ——风速计整体(非转动)部件的迎风面积。

- e) “开式喷管风洞”应有的喷嘴直径 d_g 至少为风速计直径 d_a 的 1.5 倍。其头部距喷嘴面为 1 个喷嘴直径(图 E.1)。风速计的头部应大于 0.5 倍喷嘴直径。喷嘴应进行专门的校准,以补偿喷嘴(出口气流)的散布。
- f) 风速计应在全部仪表工作范围内至少测试 10 个速度值,测量应在接近较低转速下以间距进行(类似 R10 系列)。

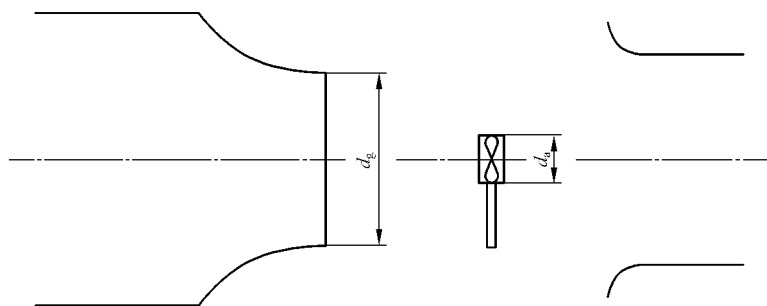


图 E.1

E.2 存储校准数据的方法

E.2.1 试验风速选择与仪表显示器上(模拟量)的方位基点相符合,用此方法时可调节风洞转速直至获得选择的仪表读数(通常为一整数),接着测定风洞速度。

E.2.2 应选择试验风速以获得一组真实值。将风洞调整到所需速度的位置,并记录仪表读数。

E.2.3 通常为确立上述方法所要求的调整是费时的,并要求很好地控制风洞速度以获得精确的结果。当需要从风洞和/或仪表中观测的数据计算风速时,最好将风洞调整到一系列接近要求的风速和仪表数据,而且在每一点风洞读数均稳定的状态。

E.3 结果的显示

可用多种方法显示信息,以突出风速计的各个性能。通常有5种系统可使用。

- a) 用图形或表格形式指示读数与真实速度相比。
- b) 指示读数与得到真实速度比较所要求的修正值。
- c) 真实速度与仪表误差相比(由于该误差仪表读数偏离真实值)。
- d) 用b)和c)方法获得的数据也可用修正值或误差的百分数表示。
- e) 当风速计使用在空气密度与校准条件的偏离大于10%的情况下,通过绘制:

$v_{\text{ind}} \sqrt{\rho_m} \sim v_{\text{true}} \sqrt{\rho_m}$ 或 $(v_{\text{true}} - v_{\text{ind}}) \sqrt{\rho_m}$ 而获得与密度无关的校准曲线。



参 考 文 献

- [1] ISO 3966 封闭管道内流体流量的测量 使用皮托静压管的速度场法
- [2] ISO/TR 5168 流体流量的测量 误差的估算
- [3] ISO 5221 空气分布和空气扩散 空气输送管道内测量空气流量方法的准则
- [4] ISO 7145 圆形横截面的封闭管道内流体流量的测定 在横截面的某一点上速度测量的方法
- [5] ISO 7194 封闭管道内流体流量的测量 圆形管道内在涡流或不对称流动情况下,通过电流表或皮托静压管流量测量的速度场法
- [6] IEC 60034-2 旋转电机 第2部分:确定旋转电机的损耗和效率的试验方法(牵引车辆除外)
- [7] IEC 60034-2A 旋转电机 第2部分:确定旋转电机的损耗和效率的试验方法(牵引车辆除外) 第1补充:用热量法测量损耗



⚠ 版权声明

中国标准在线服务网(www.spc.org.cn)是中国标准出版社委托北京标科网络技术有限公司负责运营销售正版标准资源的网络服务平台,本网站所有标准资源均已获得国内外相关版权方的合法授权。未经授权,严禁任何单位、组织及个人对标准文本进行复制、发行、销售、传播和翻译出版等违法行为。版权所有,违者必究!



中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
工 业 通 风 机 现 场 性 能 试 验
GB/T 10178—2006/ISO 5802:2001

*

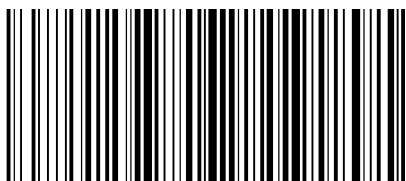
中国标准出版社出版发行
北京西城区复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

<http://www.spc.net.cn>
电话:(010)51299090、68522006
2007年6月第一版

*

书号:155066·1-29438

版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68522006



GB/T 10178-2006