

通风机气动略图 和特性曲线

〔苏〕 Т.С.索洛玛霍娃 К.В.切贝舍娃 И.В.布鲁希洛夫斯基
陈富礼 于绍和 译

煤炭工业出版社

Т.С.Соломахова, К.В.Чебышева
ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ
МОСКВА·МАШИНОСТРОЕНИЕ·1980
И.В.Брусиловский
**АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СХЕМЫ
И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСЕВЫХ
ВЕНТИЛЯТОРОВ Ц А Г И**

МОСКВА·НЕДРА·1978
通风机气动略图和特性曲线

Т.С.索洛玛霍娃
〔苏〕 К.В.切贝舍娃
И.В.布鲁希洛夫斯基
陈富礼 于绍和 译
王国增 王志清 郑学仁 校
李隆华 总校

煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平北路16号)
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $14^{5/16}$
字数378千字 印数1—2,400
1986年6月第1版 1986年6月第1次印刷
书号15035·2766 定价3.15元

内 容 提 要

本书是苏联出版的《离心通风机气动略图和特性曲线》和《轴流通风机气动略图和特性曲线》两书的中译合订本，分为独立的两部分。

第一部分提供了约100种不同型式和配置的离心通风机的完整特性曲线和气动略图。这些通风机是由苏联各研究设计单位如ЦАГИ、ВНИИАМ、ЦГМ、ОРГ-РЭС等研制的，大多数被正式批准应用于各种用途的通风设备中。

第二部分提供了由ЦАГИ研制的100多种不同型式和配置的轴流通风机的完整特性曲线和气动略图。这些通风机是利用叶栅的理论、实验资料和设计参数最佳组合的选择方法，按照ЦАГИ统一的气动计算方法设计的。

书中所有的气动略图和特性曲线是按苏联有关国家标准采用统一形式提供的，很便用于选型；而且型式多样，在高效率条件下压力和流量的变化范围广，在大多数情况下足以适应各工业部门不同使用条件的选型要求。

书中还说明了如何根据给定的压力和流量及在结构、工艺、外型尺寸、噪音等方面的不同要求，利用书中资料选取最佳气动略图和确定通风机转速、尺寸、所需功率以及结构设计必需的所有数据。

对于从事通风机研究、设计和使用的工程技术人员，本书是具有实用价值的参考手册。

责任编辑：李 秀 荣

前 言

通风机是一种广泛应用于所有技术部门不可缺少的机械。

本书是由《离心通风机气动略图和特性曲线》(ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ) 和《轴流通风机气动略图和特性曲线》(АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСЕВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ ЦАГИ) 两本书合译而成的。这两本书共同的特点,首先是取材丰富。它们提供的气动略图和特性曲线,属于离心通风机的近100种,而属于轴流通风机的有100多种,包含的工况范围很广,在大多数情况下,可以满足各个部门在不同使用条件下的参数要求,而且各类略图的效率相当高,有的接近于该类略图可能达到的最高效率。其次是两书所有的资料是完全按照苏联有关国家标准采取统一型式分门别类给出的,非常便于类型比较和从中选取最佳方案。为了简化计算和保证设计质量,还提供了很多辅助图表和资料:例如,选取直径和转速的线解图、关于雷诺数和尺寸效应对特性曲线的影响关系等曲线图。此外,还举例说明了如何根据给定压力和流量以及在结构、工艺、尺寸、重量和噪声等方面的不同要求,正确选取最佳略图和确定通风机的转速、尺寸、所需功率以及结构设计必需的所有数据。对从事于通风机的研究设计人员及其他有关工程技术人員很有实用价值,故将其合并翻译出版。疏漏和错误之处欢迎批评指正。

本书的翻译和审校工作是由几个单位的工作人员集体完成的。第一部分离心通风机是由陕西鼓风机厂陈富礼同志译,王国增、王志清同志校;第二部分轴流通风机是由沈阳鼓风机研究所于绍和同志译,郑学仁同志校。最后由中国矿业学院李隆华同志担任总审校。

目 录

第一部分 离心通风机

第一章 通风机概论	2
§ 1 空气参数	2
§ 2 气动略图	3
§ 3 气动特性曲线	8
§ 4 声学特性曲线	18
§ 5 管网特性曲线	21
第二章 通风机的相似条件和特性曲线换算	24
§ 6 基本相似准则	24
§ 7 无因次气动特性曲线	28
§ 8 无因次声学特性曲线	33
第三章 通风机的分类	38
§ 9 工况范围	38
§ 10 配置图	40
§ 11 各种用途的通风机	43
第四章 通风机的选择	52
§ 12 基本选择方法	52
§ 13 按比转速和比直径选择通风机	53
§ 14 选择实例	59
第五章 推荐使用的通风机气动略图和特性曲线	62
§ 15 一般数据	62
§ 16 具有螺旋形机壳的单级通风机	65
§ 17 具有特种机壳的单级通风机	66
§ 18 双吸式通风机	67
§ 19 两级通风机	68
§ 20 小型通风机	68

§ 21 通风机的调节特性曲线和独立工作轮的特性曲线	68
----------------------------------	----

附表	181
----------	-----

参考文献	187
------------	-----

第二部分 轴流通风机

第一篇 一般问题

第一章 气动略图的类型、通风机的选型	196
--------------------------	-----

§ 1 轴流通风机略图及其特点	196
-----------------------	-----

§ 2 管网、通风机和附有连接部件的通风机的特性曲线	204
----------------------------------	-----

§ 3 通风机特性曲线的选择和换算方法	216
---------------------------	-----

第二章 通风机的调节	229
------------------	-----

§ 4 转动工作轮叶片进行调节	229
-----------------------	-----

§ 5 转动导流器叶片进行调节	231
-----------------------	-----

§ 6 改变工作轮转速进行调节	234
-----------------------	-----

§ 7 反风	236
--------------	-----

第三章 翼型和叶片几何型线的画法	240
------------------------	-----

§ 8 典型图纸的使用	240
-------------------	-----

§ 9 叶片画法的特殊情况	249
---------------------	-----

第二篇 通风机略图和特性曲线

第四章 普通略图的单级和多级通风机	267
-------------------------	-----

§ 10 OB-5型气动略图	267
----------------------	-----

§ 11 OB-12型气动略图	267
-----------------------	-----

§ 12 OB-15型气动略图及其变型	270
---------------------------	-----

§ 13 OB-23型气动略图及其变型	273
---------------------------	-----

§ 14 OB-29型气动略图及其变型	284
---------------------------	-----

§ 15 OB-35型气动略图	290
-----------------------	-----

§ 16 OB-42型气动略图及其变型	292
---------------------------	-----

§ 17 OB-62型气动略图及其变型	305
---------------------------	-----

§ 18 OB-74型气动略图	314
-----------------------	-----

§ 19 OB-76型气动略图及其变型	320
---------------------------	-----

§ 20 OB-76Л型气动略图	325
------------------------	-----

§ 21 OB-78型气动略图	336
-----------------------	-----

§ 22	OB-84 型气动略图	336
§ 23	OB-100型气动略图	343
§ 24	OB-101型气动略图	347
§ 25	OB-109型气动略图	347
§ 26	OB-111型气动略图	356
§ 27	OB-115型气动略图	364
§ 28	OB-120型气动略图	364
§ 29	OB-121型气动略图	367
§ 30	OB-143型气动略图	369
第五章	对旋式通风机	374
§ 31	OBB-79-80型气动略图	374
§ 32	OBB-76π-91型气动略图	378
§ 33	OBB-84-84B型气动略图	384
第六章	子午加速通风机	386
§ 34	OB-51型气动略图	386
§ 35	OB-70型气动略图	392
§ 36	OB-71型气动略图	399
第七章	可反风的通风机	406
§ 37	OB-103型气动略图及其变型	406
§ 38	OBB-103-108型气动略图	418
§ 39	OBP- 1 型气动略图	419
§ 40	OBP- 2 型气动略图	422
第八章	低噪声通风机	427
§ 41	OB-95 型气动略图及其变型	427
§ 42	OB-114型气动略图及其变型	439
	参考文献	448

第 一 部 分
离 心 通 风 机

第一章 通 风 机 概 论

§1 空 气 参 数

通风机一般以空气为介质。表征空气的主要参数有：密度 ρ （公斤力·秒²/米⁴）；温度 t （度）；绝对压力 P （公斤力/米²）。这些参数间的关系表达为状态方程：

$$P = \rho g R T \quad (1)$$

式中 g ——重力加速度（自由落体加速度），米/秒²；

R ——气体常数，米/度；

T ——绝对温度，K， $T = 273 + t$ 。

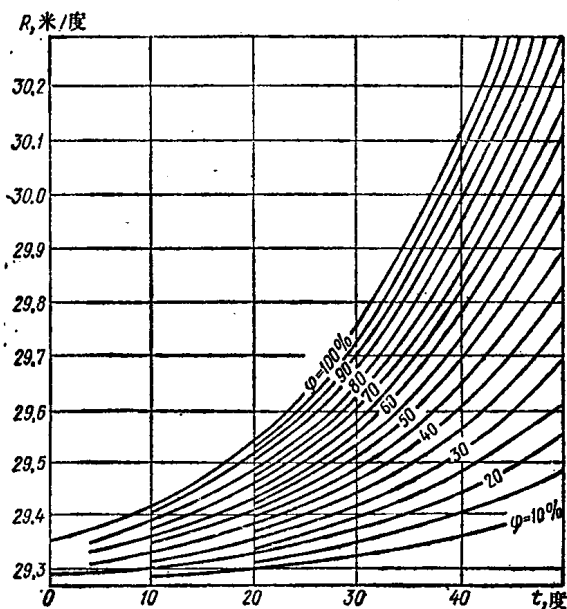


图 1 气体常数 R 与空气温度 t 、相对湿度 φ 的关系曲线

在标准大气条件下，即绝对压力 $P_0 = 10330$ 公斤力/米² ($B_0 =$

760毫米汞柱), 温度 $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ($T_0 = 293\text{K}$) 和相对湿度 $\varphi_0 = 50\%$ 时, 空气密度 $\rho_0 = 0.122\text{公斤力}\cdot\text{秒}^2/\text{米}^4$ 。

当纬度为 α 、海拔高度为 Z 时, 相应的重力加速度:

$$g = 9.81 - 0.026\cos\alpha - 0.31Z \times 10^{-5} \quad (2)$$

如果海拔高度 $Z = 0$ 和纬度 $\alpha = 45^\circ 33'$, 则重力加速度 $g = 9.81\text{米}/\text{秒}^2$ 。

根据方程式 (2), 当纬度和海拔高度分别在 $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$ 和 $0 \leq Z \leq 9000$ 米范围内变化时, 对重力加速度 g 值的修正不超过 0.3% , 因此, 实际计算中可不予考虑。

气体常数 R 与空气温度 t 以及相对湿度 φ 有关。所谓相对湿度是指蒸汽密度与饱和蒸汽密度的百分比。空气湿度可用湿度表和干湿球湿度计测得^[24]。气体常数 R 与温度 t 、相对湿度 φ 的关系曲线示于图1。在标准大气条件下, $R_0 = 29.4\text{米}/\text{度}$ 。当温度 $t \leq 23^\circ\text{C}$, 湿度从 50% 升高到 100% , R 值增加不超过 0.6% 。当温度 $t = 35^\circ\text{C}$, 湿度同样从 50% 增到 100% 时, R 值增加 1% 。在给定的温度、压力和湿度下, 为了便于计算空气密度, 可按照方程 (1) 引入修正系数:

$$\Delta = \frac{\rho_0}{\rho} = \frac{P_0(273+t)R}{P(273+t_0)R_0} = \frac{10330(273+t)R}{p293 \times 29.4} \quad (3)$$

式中: ρ_0 、 P_0 、 t_0 和 R_0 为标准大气条件下的参数。

则

$$\rho = \rho_0 / \Delta$$

在空气与机械杂质混合的情况下, 其密度随杂质的浓度成正比增大。

§ 2 气 动 略 图

通风机的通流部分可用其气动略图来表示。图中通常给出了以工作轮直径的百分比表示的全部尺寸。图2表示II4-70型通风机的气动略图。按同一种气动略图制造的不同尺寸和结构的通风机均属于一种类型。利用气动略图可以设计通风机的结构。此时, 必须知道绘制通风机基本原件 (进气管、工作轮和蜗壳) 的

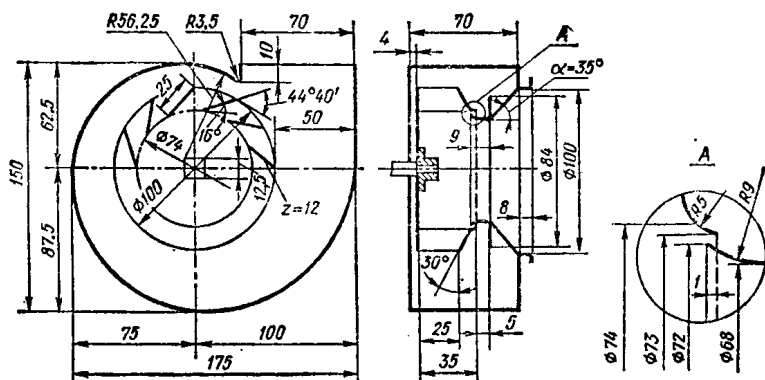


图 2 II4-70 型离心通风机的气动略图 (全部尺寸以工作轮直径的百分比给出)

一般原则。

进气管 (进口集流器)。进气管 (图 3) 是为了将流进通风机的的气体导入工作轮。进气管的形状和尺寸可用三个参数表示: 长度 L_k , 进气孔径 D_k 和最小截面直径 D_0 。直径 D_0 称为通风机进口直径。

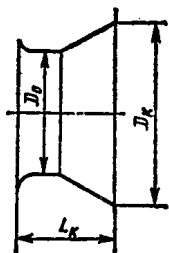


图 3 进气管

进气管是通风机联接管网的部件, 进气孔径 D_k 必须与空气管道尺寸相匹配。因此, 根据ГОСТ (苏联国家标准) 5976-73《一般用途离心式通风机》, 直径 D_k 应从 R_{40} 数列

(ГОСТ8032-56) 中选取, 并把引用的数列乘以 10、100 或 1000。

1.00, 1.06, 1.12, 1.18, 1.25, 1.32, 1.40, 1.50, 1.60, 1.70

1.80, 1.90, 2.00, 2.12, 2.24, 2.36, 2.50, 2.65, 2.80, 3.00

3.15, 3.35, 3.55, 3.75, 4.00, 4.25, 4.50, 4.75, 5.00, 5.30

5.60, 6.00, 6.30, 6.70, 7.10, 7.50, 8.00, 8.50, 9.00, 9.50

工作轮。工作轮的作用是将能量传递给流经通风机的流体。工作轮通常由前盘和后盘 (图 4) 及在它们之间等距离分布的若干叶片所组成。在某些情况下, 也采用无前盘的半开式工作轮。

工作轮的大小以叶片出口端直径 D 表示。已知有些通风机,该直径比轮盘直径小。根据ГОСТ10616-73《离心式和轴流式通风机

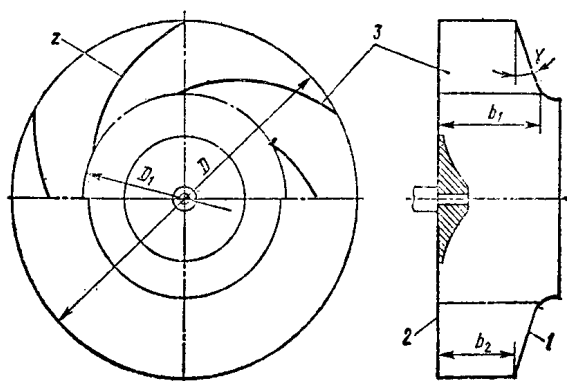


图 4 工作轮

1—前盘, 2—后盘, 3—叶片

主要尺寸和规格》, 工作轮的直径必须符合 R_{40} 数列, 而且最好取 R_{10} 数列:

1.00; 1.25; 1.60; 2.00; 2.50; 3.15; 4.00; 5.00;
6.30; 8.00

通风机工作轮直径用分米表示, 与通风机机号相对应。如№5通风机的的工作轮直径 $D = 0.5$ 米。

工作轮后盘通常为平盘, 前盘亦可为平盘, 但为了减小叶间流道的扩散度, 也可以为锥形盘。在离心通风机中, 几乎看不到形状复杂的前盘。这样, 工作轮的子午面可以用两个参数表示: b_2 —叶片出口宽度; b_1 —叶片进口宽度。如果是锥形前盘, 这两个参数中的一个可用锥形前盘与垂直旋转轴的平面之间的夹角 γ 代替。

工作轮叶片通常为圆柱形, 垂直装在后盘上。这种叶片的几何参数由垂直于工作轮旋转轴的截面确定, 其中叶片进出口角 β_1 和 β_2 以及叶片进口直径 D_1 是给定的(图5)。通常叶片进口直径与通风机进口直径 D_0 近似或相等。

按工作轮叶片出口角的大小,可分为后向叶片 ($\beta_2 < 90^\circ$), 前向叶片 ($\beta_2 > 90^\circ$) 和径向叶片 ($\beta_2 = 90^\circ$)。叶片可为薄板形或机翼形。薄板形叶片的曲率(图5a)在一般情况下由极坐标方程 $r = r(\varphi)$ 确定。叶片往往用单圆弧或几个圆弧绘制。

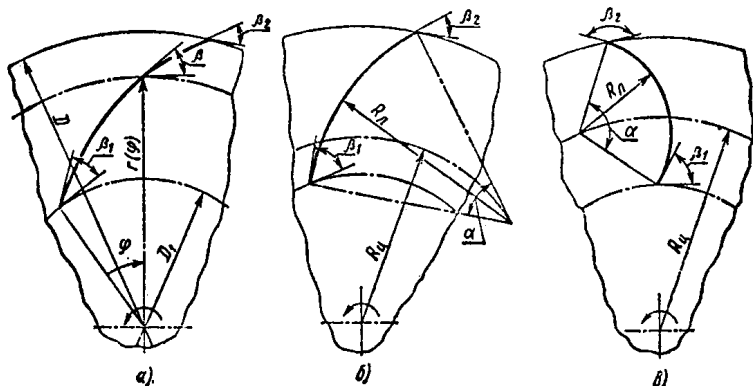


图 5 板状叶片的断面图
a和b—后向叶片; c—前向叶片

当叶片为单圆弧时(图5b, c), 圆弧的半径 R_n 可用 β_1 和 β_2 以及直径 D_1 和 D 表示, 即

$$R_n = \frac{D^2 - D_1^2}{4(D\cos\beta_2 - D_1\cos\beta_1)} \quad (4)$$

半径 R_n 为叶片的曲率半径, 对后弯叶片(图5b)符号为正, 对前弯叶片和径向叶片, 符号为负。叶片圆弧圆心的位置半径:

$$R_n = \sqrt{0.25D_1^2 + R_n^2 - R_n D_1 \cos\beta_1} \quad (5)$$

叶片长度:
$$L = \frac{\pi \alpha R_n}{180} \quad (6)$$

式中 α ——叶片进、出口与叶片圆弧的圆心连线之间的夹角(度)。

直叶片可以看成圆弧叶片的特殊情况, 即 $R_n = \infty$ 。由式(4)得叶片的 β_1 和 β_2 与直径 D_1 和 D 的关系:

$$D_1 \cos\beta_1 = D \cos\beta_2 \quad (7)$$

叶片长度:

$$L = 0.5(D \sin \beta_2 - D_1 \sin \beta_1) \quad (8)$$

对于用一段对数螺旋线绘制的叶片:

$$r = r_1 e^{\phi \tan \beta} \quad (9)$$

式中: $r_1 = 0.5D_1$; β — 螺旋角。

这种叶片的角 $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ 而长度:

$$L = \frac{0.5(D - D_1)}{\sin \beta} \quad (10)$$

机翼形叶片的主要几

何参数如下:

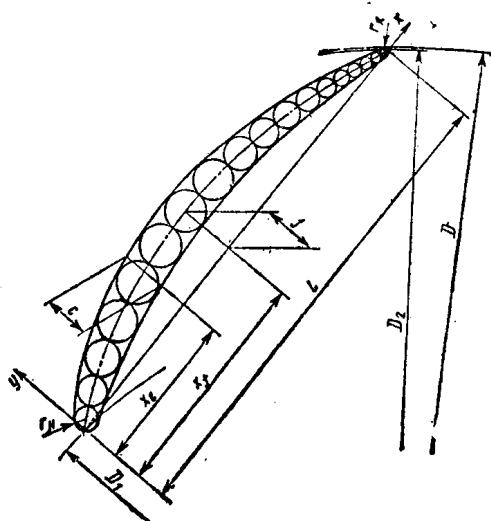
图 6 叶片型面

β_1 和 β_2 角, 进口直径 D_1 , 弦长 l , 叶片长度 L 。这些参数均按翼型中线来确定, 而中线乃翼型内切圆心的轨迹。翼型可用下列几何参数表征 (图6); 翼型最大厚度 c , 最大厚度点与前缘点沿弦长方向的距离 x_c , 前缘和后缘的半径。翼型中线一般不按圆弧画, 故用最大弯度 f 、最大弯度点与前缘点沿弦长方向的距离 x_f 来表示。翼型的绘制通常利用与翼型有关的座标系统 (图6)。翼型的上下面以弦长 l 的百分比列表给出。

蜗壳。蜗壳的作用是将工作轮流出的气体按一定方向导出, 同时将气流的部分动压转变为静压。在离心通风机中, 蜗壳宽度 B 一般是不变的 (图7), 而且大于工作轮宽度。蜗壳的外壁大多数按螺旋线或按正方形法则用圆弧绘出 (图7)。正方形的边长 a 为蜗壳的最大张开度 A 的 $\frac{1}{4}$ 。

圆弧的半径按下式确定:

$$r_1 = 0.5D + 3.5a; \quad r_2 = 0.5D + 2.5a$$



$$r_3 = 0.5D + 1.5a; \quad r_4 = 0.5D + 0.5a$$

外壳在最靠近工作轮处转变成蜗舌。由蜗舌和作为外壳的延长的平面所界定的机壳部分称为机壳出口。机壳出口长度 C 和宽度 B 构成通风机的出口截面。

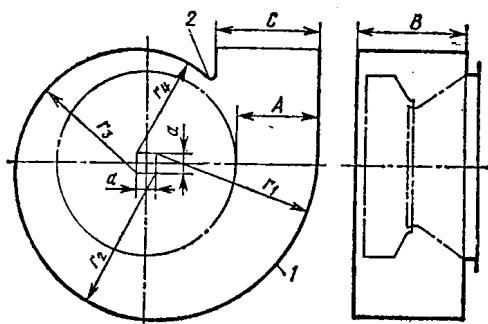


图 7 蜗壳

1—机壳外壁，2—蜗舌

在某些情况下，根据结构布置的需要，可以在工作轮后面配置带叶片的或无叶片的径向扩压器以及其它形式的机壳（如有两个或更多出口的蜗壳，直流式机壳等）来代替螺旋形机壳。

通风机装置。为使通风机与管网连接，在其进口往往装有进气箱，出口装有扩压器。扩压器是把从蜗壳流出的气流动压进一步转换为静压。为了调节通风机的工况，可采用各种形式的导流器，普遍采用的是装在通风机进口的轴向导流器。离心通风机与进气箱，扩压器，导流器或与其中一种元件的组合称之为通风机装置。通风机装置简图示于图 8。

§ 3 气动特性曲线

通风机的可用下列气动参数表述：流量 Q （米³/秒），全压 P_v （公斤力/米²），静压 P_{sv} （公斤力/米²），动压 P_{dv} （公斤力/米²），所需功率 N （千瓦），全压效率 η 和静压效率 η_s 。这些参数根据 ГОСТ10921-74《离心式和轴流式通风机，气动试验方

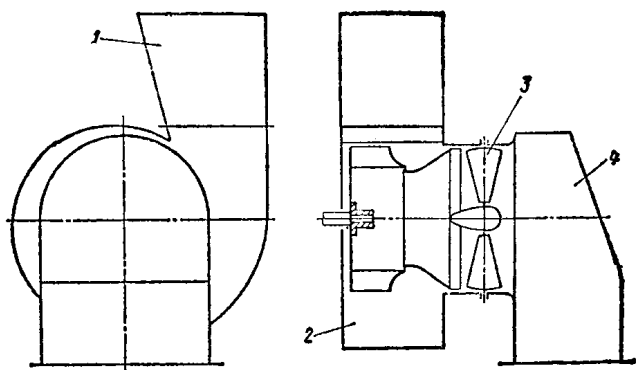


图 8 通风机装置

1—扩压器；2—离心通风机；3—轴向导流器；4—进气箱

法》确定。

通风机的流量按通风机（或通风机装置）进口条件（压力 P_1 、温度 T_1 、密度 ρ_1 ）下的容积流量来确定，即：

$$Q = Q_{\text{н.н.}} \cdot \rho_{\text{н.н.}} / \rho_1$$

式中 $Q_{\text{н.н.}}$ ——用流量计测得的流量；

$\rho_{\text{н.н.}}$ ——被测定流量的介质密度。

通风机的全压 P_v 等于通风机出口和进口气流的绝对全压值 P_2 和 P_1 之差。

通风机的动压 P_{dv} 可取它等于机器出口的动压 P'_{dv} ，并把在通风机通流部分中被输送介质的可压缩性影响考虑进去。机器出口的动压是按机壳或扩压器出口截面平均流速 C_B 算得的。考虑可压缩性时假设是等熵过程，在等熵条件下，介质没有热交换。因此：

$$P_{dv} = \xi P'_{dv} \quad (11)$$

$$P'_{dv} = 0.5 \rho_1 C_B^2 = 0.5 \rho_1 (Q/F_B)^2,$$

$$\xi = \frac{1 - \frac{1}{k} \frac{P_{sv}}{P_1}}{1 - \frac{1}{2k} \frac{P'_{dv}}{P_2}} \quad (12)$$

式中 ξ ——考虑介质可压缩性的系数；

$$F_B = B \cdot C;$$

k ——绝热指数 (对空气 $k = 1.4$) 如果 $P_{sv} < 0.02P_1$ 和 $C_B < 50$ 米/秒 可取 $\xi = 1$ 。

静压 P_{sv} 确定为通风机全压 P_v 和动压 P_{dv} 之差即:

$$P_{sv} = P_v - P_{dv}$$

通常引用通风机加给气流的有效功率 N_v 这一概念。假设在通风机中进行理想的等熵过程, 则有效功率为:

$$N_v = \frac{k}{k-1} P_1 Q \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right]$$

当 $\frac{P_2}{P_1} < 1.3$ 时, 有效功率为:

$$N_v = P_v Q \beta \quad \beta = 1 - \frac{1}{2k} \frac{P_v}{P_1} \quad (13)$$

式中 β ——介质的可压缩性系数。

如果动压未被利用, 则有效功率为:

$$N_{sv} = P_{sv} Q \beta_s, \quad \beta_s = 1 - \frac{1}{2k} \frac{P_{sv}}{P_1} \quad (14)$$

当 $P_2/P_1 < 1.03$ 时, 有效功率确定为全 (静) 压与其流量的乘积, 这时:

$$\beta = \beta_s = 1$$

通风机所需功率 N 由风机轴的扭矩来确定, 不把轴承传动装置及其它损失考虑在内。通风机的全压效率和静压效率分别按下式求出:

$$\eta = \frac{N_v}{102N} \quad \eta_s = \frac{N_{sv}}{102N} \quad (15)$$

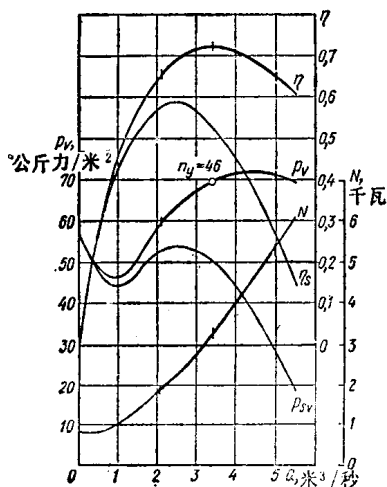


图 9 $n = 600$ 转/分, $\rho = 0.122$ 公斤力·秒²/米⁴时 II14-46№6.3 通风机的气动特性曲线