

17672

96

136

风选风送

山东科学技术出版社

内 容 简 介

本书扼要地介绍了有关风选风送技术的理论、流程设计及风网计算,装置中设备和元件的工作原理、结构、性能,装置的操作、管理等方面的知识。并以瓜干原料的风选风送为例,对生产中出现的一些问题,提出了具体的解决方法。

本书内容通俗易懂、切合实际,可供食品、发酵、粮食加工、化工、铸造、建材、交通运输等部门从事风选风送的技术员、工人阅读,也可作为轻工、粮食院校有关专业师生的参考资料。

风 选 风 送

施安辉 孙子平 编

*

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
山东新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本 6.625印张 115千字
1980年4月第1版 1980年4月第1次印刷
印数: 1—2,500

书号 15195·56 定价 0.55 元

前 言

所谓风选风送，就是利用空气流动产生的推力和物料沉降速度的差别，来输送和分选物料。在风选风送的同时，还可以对物料进行加热、干燥、冷却和除尘等多种工艺操作。风选风送早在十九世纪中期就已出现，现已广泛应用于国民经济各个部门。为了适应风选风送工程设计、安装和使用的需要，我们编写了《风选风送》一书。

在编写的过程中，为了体现风选风送技术的综合性能，我们以瓜干原料粉碎过程为例，论述了风选风送设计中涉及的共同性问题，探讨了瓜干原料粉碎中的某些特殊问题，并提出了相应的解决方法。

路玉秋同志参加了本书部分内容的编写工作，并承担了绘图工作，在此表示感谢。

本书在编写中，参阅了北京钢铁学院热工水力学教研组编译的《气力输送装置》、济南锻压机械研究所编的《铸造车间气力输送》等资料，特此说明。

编 者

1979年9月

目 录

第一章 风选风送的理论基础	(1)
第一节 空气管流的特性.....	(1)
第二节 物料的性质	(15)
第二章 风选风送流程的选择与设计	(27)
第一节 风送的型式	(27)
第二节 对风选风送流程的要求.....	(30)
第三节 风选风送前后的效果对比	(40)
第三章 风选风送的主要设备和元件	(44)
第一节 离心式通风机	(44)
第二节 给料器和皮带磁选机	(63)
第三节 接料器.....	(69)
第四节 卸料器.....	(75)
第五节 锁气器.....	(97)
第六节 除尘器.....	(101)
第四章 风网的计算	(112)
第一节 主要参数的确定.....	(112)
第二节 风量及风管直径的计算.....	(116)
第三节 压力损失的计算	(119)
第四节 风机的选择	(131)
第五节 风网计算实例.....	(132)

第五章	风选风送装置的调试和操作	(138)
第一节	试车和调整的步骤	(138)
第二节	操作管理	(140)
第六章	设备和管道的耐磨措施	(144)
第一节	弯头和管道的耐磨措施	(144)
第二节	设备的内衬	(147)
第三节	玻璃旋风分离器	(152)
第七章	风送装置的应用实例	(154)
第一节	港口的风送	(155)
第二节	铸造车间的风送	(160)
第三节	水泥的风送	(168)
第四节	食品酿造工业的风送	(175)
第五节	气流干燥装置	(185)
第六节	用于其他方面的风送	(192)
附录	一、垂直风送管计算表	(193)
	二、水平风送管中的 K 值	(204)

第一章 风选风送的理论基础

风选风送是借空气的流动来实现的，作业中，被输送物料的性质对风选风送的效果有着重要的影响。因此，只有了解有关空气流动特性和被输送物料性质等方面的基本知识，才能对风选风送装置进行合理的设计和正确的操作。

第一节 空气管流的特性

一、空气的基本性质

干燥空气是由氮(N)、氧(O)、氩(Ar)、二氧化碳(CO₂)、氖(Ne)、氦(He)、氪(Kr)、氢(H)、氙(Xe)、臭氧(O₃)、氡(Rn)等多种气体组成的。但在工程上，可把空气看成是四份体积的氮和一份体积的氧组成的混合气体。

1. 空气的重度

单位体积流体的重量，叫做流体的重度。干燥空气的重度可按下式计算：

$$\gamma_{\text{干}} = 1.293 \cdot \frac{273}{273 + t} \cdot \frac{P}{760} \quad (1-1)$$

式中:

$\gamma_{\text{干}}$ ——干燥空气的重度 (公斤/米³) ;

t —— 温度 (°C) ;

P —— 绝对压力 (毫米汞柱) 。

湿空气的重度可按下式计算:

$$\gamma_{\text{湿}} = \gamma_{\text{干}} \cdot \left[1 - \left(\frac{0.378 \phi P_s}{P} \right) \right] (1-2)$$

式中:

$\gamma_{\text{湿}}$ —— 湿空气的重度 (公斤/米³) ;

ϕ —— 相对湿度;

P_s —— $t^{\circ}\text{C}$ 时的饱和水蒸气压力 (毫米汞柱), 它的值为:

$$P_s = \frac{P_w}{\gamma_{\text{汞}}} \quad (1-3)$$

式中:

P_w —— 饱和水蒸气压力 (公斤/米²或毫米水柱) ;

$\gamma_{\text{汞}}$ —— 水银的重度。

工程上规定: 温度为 20°C 、绝对压力为 760 毫米汞柱、相对湿度为 75% 的湿空气, 叫做标准空气。标准空气的重度 $\gamma_{\text{干}} = 1.20$ 公斤/米³。

2. 空气的密度

单位体积流体的质量, 叫做流体的密度。空气的密度可按下式计算:

$$\rho_a = \frac{m}{V} = \frac{\gamma_{\text{干}}}{g} \quad (1-4)$$

式中：

ρ_a ——空气的密度（公斤·秒²/米⁴）；

m ——空气的质量（公斤·秒²/米）；

V ——空气的体积（米³）；

g ——重力加速度（米/秒²）。

当绝对压力为 760 毫米汞柱时，干燥空气的重度 $\gamma_{\text{干}}$ 、密度 ρ_a 、饱和水蒸气压力 P_w 之间的换算关系，见表 1—1。

表 1—1 $\gamma_{\text{干}}$ 、 ρ_a 、 P_w 之间数值换算表

t (°C)	$\gamma_{\text{干}}$ (公斤/米 ³)	ρ_a (公斤·秒 ² /米 ⁴)	P_w (公斤/米 ²)
-10	1.342	0.1369	—
0	1.293	0.1318	62
10	1.247	0.1272	125
20	1.205	0.1229	238
30	1.165	0.1188	432
40	1.128	0.1150	752

3. 压力单位及其表示方法

压力是指流体对周围物体单位面积上的作用力。大气对地面上物体单位面积上的作用力，叫做大气压力。这种作用力是由于大气本身的重量所造成的。

（1）压力的单位：压力的度量单位很多，工程上常采用工程大气压、公斤/厘米²或公斤/米²表示。还可采用液柱高度（毫米汞柱、米水柱）表示，它们之间的换算关系如下：

1 个物理大气压 = 760 毫米汞柱 = 10.333 米水柱 = 10333 公斤/米² = 1.0333 公斤/厘米²;

1 个工程大气压 = 736 毫米汞柱 = 10 米水柱 = 10000 公斤/米² = 1 公斤/厘米²。

、 必须注意，工程大气压要比物理大气压小一些。

由此得出：

1 个物理大气压 = 1.0333 个工程大气压。

应当注意，不能把大气压力与大气压混同。大气压是压力的度量单位，它的大小是一定的，一般以 *at* 或 *ata* 表示。大气压力是指周围大气的实际压力，它的大小随着海拔高度和气候的变化而变化。在纬度 45° 的海平面上，天气晴朗时的大气压力，一般接近 760 毫米汞柱。在高山地带，大气压力相对地低一些。根据实测，海拔高度每增加 12 米，大气压力约减少 1 毫米汞柱。

国际上规定，把 760 毫米汞柱的大气压力，作为标准大气压，也称为物理大气压。

(2) 压力的表示方法：因测量方法不同，有以下三种表示方法：

绝对压力：以绝对真空为基准的实际压力。在理论公式的计算中，多采用绝对压力，以大写 *P* 表示：

$$P = \text{表压力} + \text{外界大气压力}$$

大气压力随着自然条件的变化而变化。但对压气设备来说，由于本身压力较高，大气压力可恒取 1。于是：

$$P = \text{表压力} + 1$$

表压力：测量压力时，当绝对大气压力高于外界大气压力时，高于外界大气压力的部分，叫做表压力。它的值为：

$$\text{表压力} = \text{绝对压力} - \text{外界大气压力}$$

在实际工作中，压力计所指的读数，都是表压力。

真空度：当绝对压力低于大气压力时，其小于大气压的数值，叫做真空度。它的值为：

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力}$$

真空度就是负压。

二、管流的主要参数和连续方程

1. 管流的主要参数

(1) 重量流量：即单位时间内流体经过管道任一截面上的重量。以 W 表示，单位为公斤/秒。

(2) 体积流量（简称流量）：即单位时间内流体经过管道任一截面上的流体体积。以 V 表示，单位为米³/秒。

重量流量与体积流量的关系：

$$W = V \cdot \gamma \quad (1-5)$$

式中：

γ ——流体的重度（公斤/米³）。

(3) 平均流速（简称流速）：流体在管道横截面上各点的流速是不相同的，工程上一般按平均流速计算。以 ω 表示，单位为米/秒。

平均流速与体积流量的关系：

$$\omega = \frac{V}{F} \quad (1-6)$$

式中：

F ——管内横截面积（米²）。

由式（1—6）可推知：

$$W = V \cdot \gamma = F \cdot \omega \cdot \gamma \quad (1-7)$$

若流量 W 或 V 一定，选定大的流速，则管道的截面较小，从而节省了金属材料的消耗量。但是，流速增大，摩擦阻力也随之增大，动力消耗提高。因此，设计管路需要同时考虑两个方面的因素。

2. 连续方程

根据质量守恒定律可知，在稳定流动的状态下，流经管道各横截面流体的重量应该相等。

设管流的横截面积分别为 $F_1, F_2, F_3, \dots$ ，流体的重度分别为 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots$ ，流经各横截面的平均流速分别为 $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$ ，则：

$$\gamma_1 \omega_1 F_1 = \gamma_2 \omega_2 F_2 = \gamma_3 \omega_3 F_3 = \dots \quad (1-8)$$

对于不可压缩的流体， $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \dots$ ，所以：

$$\omega_1 F_1 = \omega_2 F_2 = \omega_3 F_3 = \dots \quad (1-9)$$

由式（1—8）和（1—9）可知，在稳定流动的状态下，流经管道各横截面的体积流量相等。这就是管流的连续方程。

三、管流的能量守恒方程

根据能量守恒和能量转换定律可知，在稳定流动的状态下，对于不可压缩的理想流体，管流的任意两个截面存在如下的关系：

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad (1-10)$$

式中:

$Z_{1,2}$ ——位压头 (简称位头), 表示流体的位能 (米);

$\frac{P_{1,2}}{\gamma}$ ——静压头, 表示流体的静压能 (米), 可用液

柱压强计测得;

$\frac{\omega_{1,2}^2}{2g}$ ——动压头 (也称速度压头), 表示流体的动能

(米)。

式 (1-10) 称为能量守恒方程, 它表示在稳定流动的状态下, 管流上任意一个截面所具有的位压头、静压头、动压头之和是一个常数。若其中一项减小, 则其他一项或两项必增加, 以保持总压头不变。

对于不可压缩的实际流体, 因为输送时需在管路系统外加动力 (如泵类等), 管流的两个截面之间存在能量损失, 所以实际流体的能量守恒方程式为:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\omega_1^2}{2g} + L = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\omega_2^2}{2g} + \Sigma h_{(1 \sim 2) \text{ 损}} \quad (1-11)$$

式中:

L ——泵的压头, 也称扬程 (米);

$\Sigma h_{(1 \sim 2) \text{ 损}}$ ——截面 1 与截面 2 之间的总压头损失 (米)。

能量守恒方程式（1—10）和（1—11），严格讲只适用于不可压缩的流体（即液体）。对于气体，如果管流开始和终了的压强变化不大，上述方程仍能适用。

四、简单通风系统的压力分布

图 1—1 为简单通风系统的压力分布图，它反映了系统中空气压力变化的情况。当系统处于工作状态时，要使截面 1 处的空气向截面 2 处流动，截面 2 处的压力必须小于截面 1。由于截面 1 位于大气中，所以截面 2 的压力必须低于大气压力（即负压）。负压的大小取决于一定量的空气通过该两截面之间管段阻力的大小。图中的大气压力线下，对应于截面 2 处的 b' 点，为截面 2 处空气的全压力值。线段 $a'—b'$ 表示截面 1 到截面 2 之间空气全压力的变化。由于该管段截面积不变，流经该管段的一定量空气的速度也不变（即动压力不变）。根据静压等于全压与动压之差，在相应距离处（ a' 与 a'' 之间的距离为截面 1 处风速所对应的动压力的大小），作线段 $a''—b''$ 平行于线段 $a'—b'$ ，线段 $a''—b''$ 即表示截面 1 到截面 2 之间空气静压力的变化。

为了保证空气继续向前流动，截面 3 处的压力必须比截面 2 处更低，即负压更大。所以该管段的全压线 $b'—c'$ 继续向下倾斜。但由于该管段截面是逐渐增大的，风速逐渐减小，其动压力也相应地逐渐减小，并部分地转变为静压力。此时的静压线 $b''—c''$ 不再平行于全压线 $b'—c'$ ，而是逐渐靠拢。两线间的距离变化表示动压力的变化。

依此类推，可画出截面 1 到截面 6 的全压线和静压线。

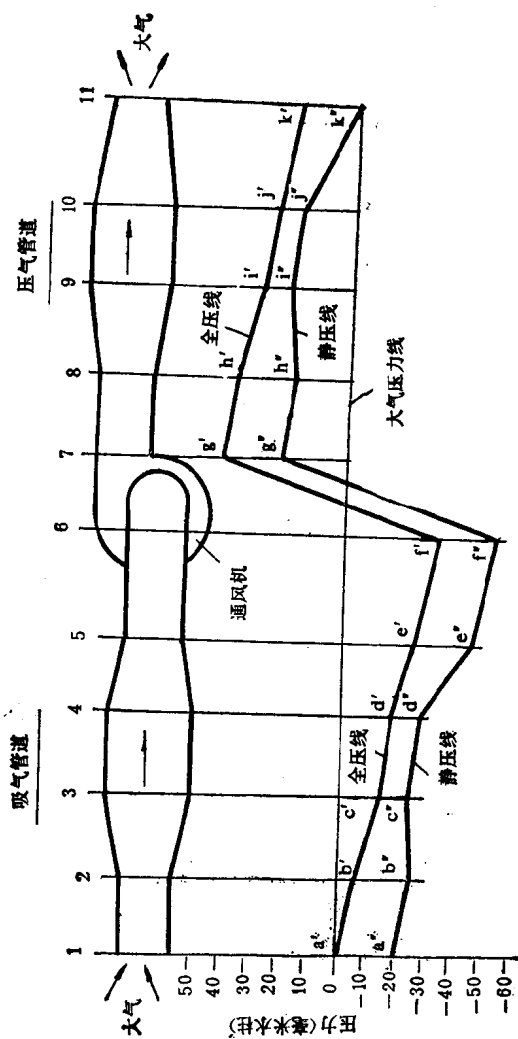


图 1-1 简单通风系统的压力分布图

在截面 6 处，负压达到最大。

经通风机出口排出的空气，压力被提升为正压。随着空气在压气管道中向前流动，其阻力逐渐减小，因而在通风机出口截面 7 处，正压为最大。在截面 11 处，静压与大气压力平衡，全压力的值即等于动压力的值。

由图 1—1 可以看出：

1. 在吸气管道中，全压力和静压力均为负值，其绝对值沿空气运动的方向逐渐增大。在通风机进口截面处为最大，且静压力比全压力大，其差等于动压力。

2. 在压气管道中，全压力和静压力均为正值，并沿着空气运动的方向逐渐减小。在通风机出口截面处为最大，全压力大于静压力，其差等于动压力。

3. 通风机所产生的压力，等于其进口截面处全压力 $H_{全进}$ （绝对值）与出口截面处全压力 $H_{全出}$ 之和。在图 1—1 中，通风机压力为：

$$H_{风机} = H_{全进} + H_{全出} = |-30| + 40 = 70 \text{ (毫米水柱)}。$$

4. 空气在管道中流动，必须克服阻力。空气压力随着流动逐渐损失，压力损失的多少，也就是该段系统阻力的大小。

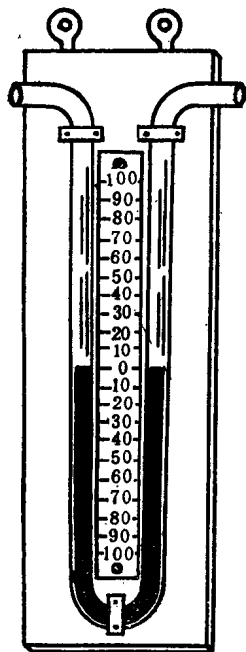
五、风压、风量的测量和计算

1. 风压的测量

风压的大小可用压力计和测压管来测量。

最普通的压力计为 U 形压力计，如图 1—2 所示。它是一根弯曲成 U 形的玻璃管，两端开口。玻璃管内径不宜太

细，以利于排除管内和混在液体内的空气。玻璃管固定在一块有刻度的木板上，并注入带色的水，液面调整在刻度上的零点。



简易测压管如图 1—3 所示。它由两根直径不同的细弯管组成，弯管的材料以铜或不锈钢为宜，两管套在一起形成环形通道。通道的 *A* 端和 *C* 端密封，*C* 端附近的外管侧面与短管 *B* 相通。在离 *A* 端约 3~4 个管径处的外管表面上，沿圆周等距离钻有 8 个与管壁垂直的小孔，用以感受静压。*A* 端制成球面，用以感受全压。

测量风压前，先在通风管道上需要测压的部位开一个小孔。小孔的尺寸不宜太大，以仅能伸入测压管的弯管为宜。小孔焊上一个带内丝扣的小环，测压完毕，可用丝堵将小孔堵住。测压时，把测压管的弯管伸入通

图 1—2 *U* 形压力计 风管道内，伸入深度约为风管直径的 $\frac{1}{5}$ 或 $\frac{4}{5}$ ，使 *A* 端管口正对气流，如图 1—4 所示。根据测压的不同要求，用胶皮管将 *B* 端和 *C* 端与 *U* 形压力计连接。

图 1—4 (a) 的连接方式，用于测量吸气管中的静压。由于 *B* 端仅与风管上的小孔相通，且这些小孔的轴线与气流方向垂直，因而它只能感受静压力。因吸气管中的静压力为

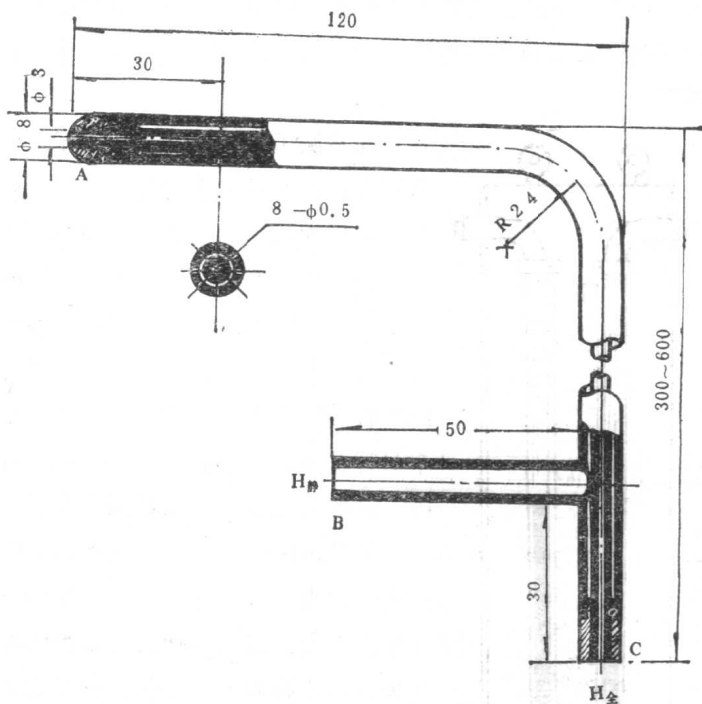


图 1—3 测压管

负值，故左边的玻璃管液柱升高。

图 1—4 (b) 的连接方式，用于测量吸气管中的全压。由于 C 端与 A 端相通，A 端又正对气流，既能感受静压，又能感受动压，故压力计上反映的是空气中静压力和动压力之和，即全压力。吸气管中的全压力也是负值。

吸气管中的动压力可按照动压力等于全压力与静压力之差的方法计算求得。也可采用图 1—4 (c) 的方法，将测