

高等学校教学用书

矿井通风设备

北京矿业学院矿山流体机械教研组编

学校内部用书



中国工业出版社

高等学校教学用书



矿井通风设备

北京矿业学院矿山流体机械教研组编

学校内部用书

中国工业出版社

本書敘述离心式和軸流式通風機的基本原理、構造、調整方法、聯合運轉、傳動裝置、風門和控制設備，以及這些通風機的設計、安裝、檢修和試驗方法，可作為礦業高等院校礦山機電專業的試用教材。

礦井通風設備

北京礦業學院礦山流體機械教研組編

*

中國工業出版社出版（北京阜成門外大街10號）

（北京市書刊出版登記證出字第110號）

中國工業出版社第四印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行，各地新華書店經售

*

開本 787×1092 1/32 · 印張 55/16 · 插頁 2 · 字數 109,000

1961年8月北京第一版 · 1961年8月北京第一次印刷

印數 000 — 1,633 · 定價 (10—6) 0.69 元

統一書號：15165 · 780 (煤炭—4)

目 录

第一章 緒論	5
第二章 通风机的基本理論	7
§1. 通风机的分类、构成部分和动作原理	7
§2. 通风机的基本参数	11
§3. 涡流理論的概念	14
§4. 軸流式通风机的理論压头	20
§5. 离心式通风机的理論压头	27
§6. 透平机的理論流量	30
§7. 透平机的理論压头特性曲綫	31
§8. 出口角 β_2 对理論压头的影响	33
§9. 有限輪斗对理論压头的影响	36
§10. 实际压头特性曲綫和运轉特性曲綫	38
§11. 外部管网特性曲綫, 等积孔和通风机的工况	40
§12. 通风机的相似条件, 比例定律和抽象特性曲綫	45
§13. 一般理論的总結	53
第三章 通风机的构造	55
§1. 軸流式通风机的构造	55
§2. 离心式通风机的构造	66
第四章 通风机的調整	71
§1. 調整的原因和調整方法分类	71
§2. 閘門調整	72
§3. 改变轉速的調整方法	73
§4. 前导器調整	75
§5. 改变动輪叶片安装角調整	81
§6. 各种調整方法的比較和应用	82
第五章 通风机的联合运轉	84
§1. 通风机的并联运轉	84
§2. 通风机的串联运轉	90
第六章 通风机的电气設備	92
§1. 电动机的型式	92

§2. 同步电动机的选择	93
§3. 起动设备	99
§4. 供电系统和配电设备	100
§5. 保护接地和照明	102
第七章 矿井主通风机设备及其布置	103
§1. 离心式通风机设备	103
§2. 轴流式通风机设备	105
§3. 矿井主通风机布置应注意的几个问题	107
§4. 通风机的反风方式及风门设备	108
第八章 通风机设备的选择	114
§1. 对于通风机设备的要求	114
§2. 矿井通风的特点	115
§3. 矿井通风机的选择	118
§4. 通风机的噪音和消音设备	121
第九章 离心式通风机的设计计算	124
§1. 动轮的设计计算	124
§2. 缓冲器的设计计算	130
§3. 螺壳的设计计算	131
§4. 风筒的设计计算	133
§5. 离心式通风机的流道压头损失计算	134
§6. 通风机的轴向推力	138
第十章 轴流式通风机的设计计算	139
§1. 动轮的设计计算	139
§2. 轮翼的计算和绘制	147
§3. 整流器的计算和设计	149
§4. 中间整流器	153
§5. 风筒的计算	153
第十一章 通风机的安装与检修	155
§1. 离心式通风机的安装顺序	155
§2. 轴流式通风机的安装程序	157
§3. 通风机的起动、维护和检修应注意事项	158
第十二章 在矿井条件下的通风机试验	161
§1. 通风机的完备试验法	162
§2. 通风机的简易试验法	169

第一章 緒 論

矿山通风机设备是现代矿井不可缺少的设备之一。矿井通风的主要作用如下：

1. 使矿井中有足够数量的清洁空气，以保证井下工作人员安全地工作。根据煤矿和油母頁岩矿保安规程，井下空气的含氧量不得少于20%。

2. 使井下产生的爆炸性气体和有毒瓦斯，如沼气(CH_4)、碳酸气(CO_2)和一氧化碳(CO)等，能稀薄到无危险性的浓度，并排出矿井之外。根据煤矿和油母頁岩矿保安规程，井下大气中各种有害气体的含量不得超过下列限度：

CO_2 ——0.5%；

CO ——0.0016%；

SO_2 ——0.0007%；

氮氧化物——0.0001%；

H_2S ——0.00066%；

CH_4 ——在总回风道中，不得超过0.75%。

3. 将矿井中飞扬的煤尘排出井外，消除煤尘爆炸危险。

4. 使矿井中有适当的工作温度，以保证劳动的最高生产效率。工作地点的温度规定不得超过 25°C 。否则会阻碍人体散热，容易疲劳，降低劳动生产率。

由于上述要求，矿山必须有可靠的通风机设备，借以昼夜不断地把地面新鲜空气送至井下，同时把井下污浊空气排出，为矿工创造良好的劳动条件，保证矿井正常生产。所以，矿山通风机设备亦称为矿山的“肺脏”。通常由通风机送到

井下的空气重量，远大于煤产量，一般可达煤产量的4~5倍。許多中型和大型的矿山通风机设备的功率，常达数百瓩之多，并且通风机在长时间内不停地运转，因此，耗电量达整个矿井的30%左右。

本课程的学习目的，就是要充分掌握矿山通风机设备的构造，作用原理和理论，运转性能及其应用范围等，以便进行正确的选择、设计和有效的运用。

解放以前，我国的大型煤矿均被帝国主义和官僚资产阶级所霸占。他们残酷地奴役和剥削我国劳动人民，掠夺我国丰富的宝贵的矿产资源。矿工的安全和健康根本没有保证，大部分矿井都是自然通风。解放后，党和政府非常重视矿井的通风安全。据不完全统计，在国营煤矿中，机械通风的井口数到1957年就达到93.9%。主通风机的瓩数，1957年比1953年增加了5.4倍。通风能力也有显著增加。

解放以前，我国没有制造通风机的企业，矿用通风机都由国外进口。因此，只有少数大型矿采用笨重的离心式通风机，并且还有用蒸汽机拖动的，效率极低。解放后，由于党和政府的重视，同时，在苏联的帮助下，使我国通风机制造工业得到了迅速的发展，在短短几年内，已经建立了一批制造通风机的专业工厂，制造各种矿山用的离心式和轴流式通风机，从而为矿山的技术改造和安全生产提供了有利的物质条件。

第二章 通风机的基本理论

§1. 通风机的分类、构成部分和动作原理

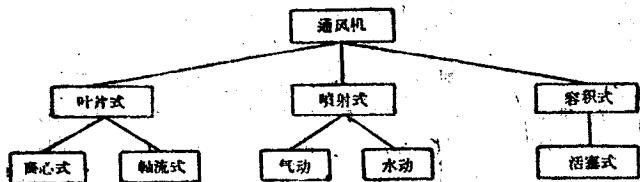
通风机是一种促使空气流动的机械。此外，尚有鼓风机和压气机。它们之间主要是根据所产生的压力不同来区别的。

通风机——产生的压力在0.1大气压以下；

鼓风机——产生的压力在0.1~3大气压之间；

压气机——产生的压力在3大气压以上，具有冷却设备。

通风机根据动作原理可以分类如下：



矿山用的通风机都是离心式和轴流式。这二种也是通风机的主要型式。喷射式通风机的效率极低，采用较少，但在煤矿中它具有构造简单，比较安全等优点。我国抚顺采用的水风扇就是水力喷射式通风机。日常见到的手动风箱可以为活塞式通风机的例子。

井内空气的流动情形如图 2-1 所示。空气在巷道内流动

必然产生阻力。这项阻力是依靠通风机去克服的。空气从通风机出口流入大气时必定有一定的速度，这种速度也由通风机产生。因此，通风机的功用是使空气产生一定的压力和速度。由图可见，当空气离开通风机逸入大气，该项速度也就不能发挥作用，变成了损失。因此通风设备出口的风流速度愈低愈好。

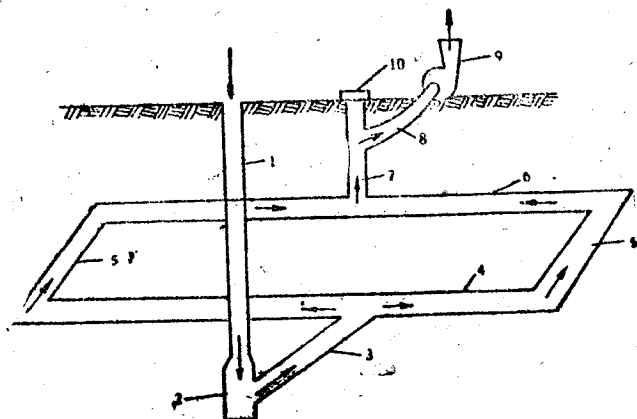


图 2-1 中央式通风示意图

1—进风井；2—井底车场；3—石门；4—运输巷；5—工作面；
6—回风巷；7—出风井；8—风道；9—通风机；10—防爆门。

空气经过通风机获得的全部压力称为全压。全压包括两部分：一部分是克服空气在巷道内流动时的阻力的，称为静压；另一部分是空气从通风机出口流入大气时的动能，称为动压。所以

$$\text{全压} = \text{静压} + \text{动压}。$$

如果根据空气增加压力这一点给通风机下一个定义，那么，通风机是一种增加空气全压的机械。

如图 2-1 所示:

如图 2-1 所示, 吸风管如与风道 8 相联接, 这样就是抽出式通风。

大型离心式通风机 (图 2-2) 由吸风管 1、动轮 2、平板扩散器 3、螺道 4 和锥形扩散器 5 等所组成。

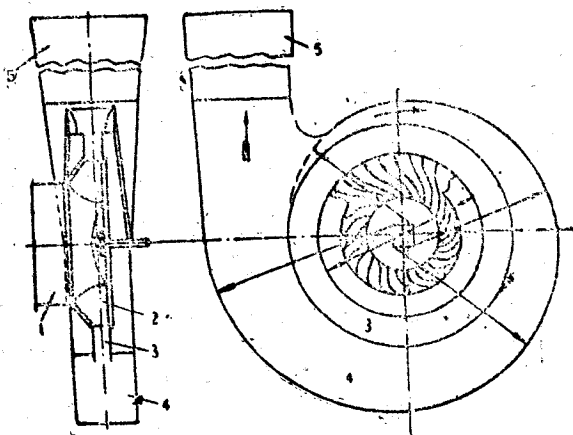


图 2-2 离心式通风机

当电动机带动动轮转动时, 叶道内的空气受到离心力而甩出, 紧接着后面的空气就由吸风管流入。这样就形成连续的空气流动, 经过动轮、缓冲器、螺壳、扩散器而流回大气。

如果是抽出式通风, 于吸风管 1 处, 空气压力必低于大气压; 而于扩散器 5 的出口处则等于大气压。可见通风机的作用是将低于大气压的空气吸入, 使它全压增加推向大气。在通风机内只有动轮能够增加空气的全压。空气经过动轮以

后全压就不再增加。其它如缓冲器，螺壳和扩散器的作用都是减低空气的动压以增加静压，而全压还是动轮产生的那些。并且空气流经各部分时，由于不可避免的流动损失，会使全压减少一些。但静压因动压减低而增加一些。

可见动轮是通风机增加空气全压的唯一部件。

轴流式通风机的组成部分(图 2-3, a)为流线体 1，集风器 2，第一级动轮 3，中间整流器 4，第二级动轮 5，整流器 6 和扩散器 7。

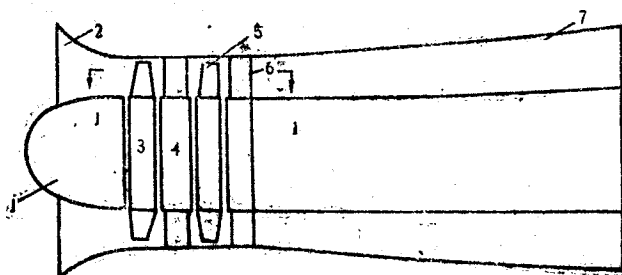


图 2-3a 轴流式通风机

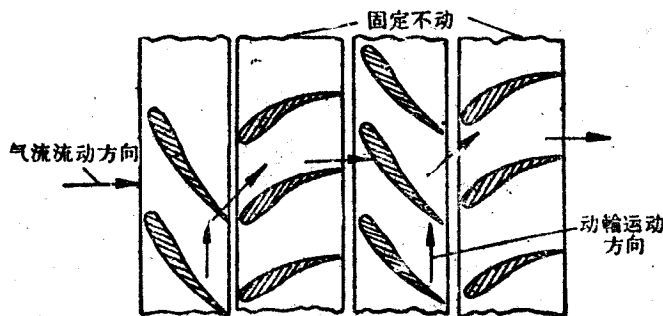


图 2-3b 叶片剖面图和空气运动方向

动輪也是軸流式通风机的主要部分，它能增长空气的全压。叶輪是由輪轂和叶片所組成。叶片安装在輪轂上，与动輪的旋轉平面成一定的角度(見图 2-3, 6)。动輪与主軸在一起便构成通风机的轉子。

叶片的形状是流綫型，与飞机机翼的形状相似。

軸流式通风机的特点是空气流动方向与軸平行。由图 2-3, 6 表示空气运动方向的箭头可以看出。在动輪后面安装整流器，其目的也是变动压的一部分为靜压，但是整流器是固定不动的。

采用二級軸流式通风机的目的是为了得到較高的压力(約为一級的二倍)。相当于二个一級的串联在一起。

在二級軸流式通风机的第一个动輪之后必須裝設中間整流器(图 2-3, 6)。这样流入第二个动輪的空气流动方向与流入第一个动輪的相同。

动輪是由电动机带动，由于叶片和空气的相互作用产生升力，它使空气的全压增加，空气才能够在巷道內流动。除动輪外，軸流式通风机的其他部分不能增加空气的全压，只能改变空气的流动方向和变动压的一部分为靜压。

我国沈阳扇风机厂制造的 2BY 型軸流式通风机产生的最大靜压为 540 公斤/米²，流量为 160 立方米/秒。

§ 2. 通风机的基本参数

通风机的基本参数是流量，压力，功率和效率。这几个参数代表了通风机的整个特性。

1. 流量的符号是 Q ，表示单位時間內流过通风机的空气容积，也是通风机送入井下的空气量。单位是立方米/秒，立方米/分或立方米/时。

2. 空气在巷道内流动时, 必然与巷道壁接触而有阻力。该项阻力是依靠通风机使空气产生的压力去克服。压力的符号是 H , 表示单位容积的空气所含有的能量。单位是 公斤/平方米, 或毫米水柱。

1 毫米水柱 = 1 公斤/平方米 = 1 公斤·米/立方米

可见压力达 1 毫米水柱的 1 立方米空气, 它含有的能量为 1 公斤·米。

空气在巷道内流动时对巷道壁的压力称为静压, 也是每立方米空气所含有的位能。静压的符号是 H_{st} 。

除位能外, 流动的空气还具有动能:

$$f = \frac{mC^2}{2},$$

式中 m —— 质量;

C —— 空气的速度。

每立方米空气的动能与压力等值,

以
$$m = \frac{\gamma}{g}$$

式中 γ —— 每立方米空气的重量, 即空气容重,

g —— 重力加速度,

代入上式, 就得到动压, 用符号 H_g 表示。

$$H_g = \frac{mC^2}{2} = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{C^2}{2}, \text{ 公斤/米}^2.$$

静压和动压之和称为全压, 用符号 H 表示。

全压是空气流过通风机时, 通风机给予每立方米空气的全部能量。

全压 = 静压 + 动压

$$H = H_{st} + H_g$$

3. 表明通风机工作状况的第三个数值是功率

根据压力和流量的含义，压力是单位容积的空气流过通风机时所增加的能量。如果在单位时间内流过通风机的流量为 Q 单位容积，通风机每秒给予空气的全部能量应为全压和流量的乘积，即功率 N 应等于

$$N = QH \text{ 公斤-米/秒。}$$

通常功率是以瓦表示，1 瓦 = 102 公斤-米/秒，所以

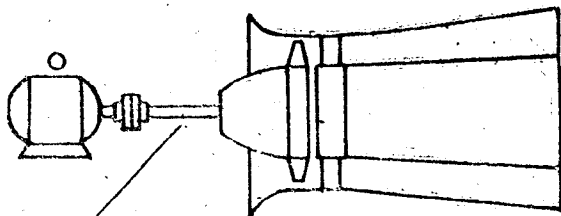
$$N = \frac{QH}{102} \text{ 瓦。}$$

4. 表明通风机工作状况的第四个数值是效率 η

假如通风机在运转过程中没有损失，则通风机的轴上功率完全传递给空气。实际上，空气流过通风机时，有流动损失。不严密的地方以及动轮与机壳间有漏损，还有轴承的机械摩擦损失等。通风机轴上功率将大于传递给空气的功率（图2-4）。

$$\text{所以 } \eta = \frac{\text{通风机传递给空气的功率即有益功率}}{\text{通风机轴功率}} = \frac{QH}{102N},$$

式中 N —— 通风机的轴功率，瓦。



通风机轴上功率 > 通风机传递给空气的功率

图 2-4

§3. 渦流理論的概念

从图2-3可見，軸流式通风机之所以能够使空气增加全压，是由于叶片与空气发生作用的结果。如果动輪上没有叶片，那么动輪就象普通的飞輪，决不能成为通风机。所以叶片与空气的作用是整個軸流式通风机工作原理的关键。在說明軸流式通风机工作过程之前，先叙述一下渦流理論。只有渦流理論才能正确地說明叶片与空气之間的相互作用。

假如有一圓柱放在平行流動的空气中，如图2-5(a)所示，在圓柱上下的流綫是对称的。假如將圓柱放在靜止的气中加以轉动，則圓柱周围的空气也作旋轉运动，如图2-5(b)所示。如果將旋轉的圓柱放在流動的空气中如图2-5(c)，則在圓柱上面的空气速度增大而压力降低，圓柱下面的空气速度减低而压力增加。因此产生向上的推力 ΔP 。該項推力称为升力。

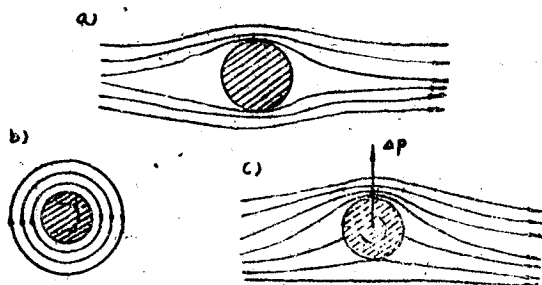


图 2-5

我們看到飞机的机翼并不旋轉，也能把飞机举在空中。通常机翼的形状如图2-6所示。图2-6所表示的机翼断面称为翼型。空气流过翼型时，也可以理解为由二种运动所合成：

一种是平行的流动，如图2-6(a)所示；一种是环绕翼型的转动，通常叫做环流，如图2-6(b)所示，把这二种流动迭置在一起，则如图2-6(c)所示。在翼型上面的空气速度较快，翼型下面的速度较低。因此翼型上面的压力变低，翼型下面的压力变高，产生向上的升力 ΔP 。

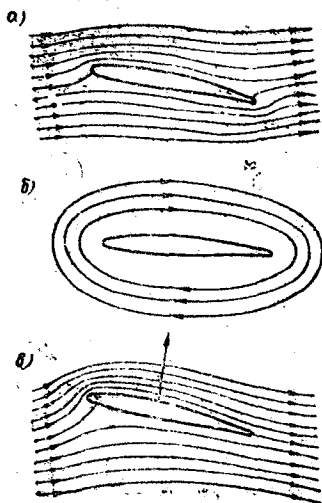


图 2-6

当空气以 W 的速度流向翼型， W 与翼弦（即翼型的底边）所成之角度称为冲角 α 。在翼型上产生与 W 方向垂直的升力为 ΔP 。与 W 同方向产生阻力为 ΔQ 。 ΔP 与 ΔQ 之合力为 ΔR 。翼型的宽度为 b ，长度为 Δl ，所以，空气冲向翼型的面积为 $\Delta A = b \Delta l$ 。翼型上产生的升力和阻力分别为：

$$\Delta P = C_y \frac{\rho}{2} W^2 \cdot b \Delta l, \text{ 公斤}$$

$$\Delta Q = C_x \frac{\rho}{2} W^2 \cdot b \Delta l, \text{ 公斤}$$

式中 C_y ——升力系数；

W ——空气速度，米/秒；

b ——翼型宽度，米；

Δl ——翼型长度，米；

ρ ——空气密度, $\rho=0.12$ 公斤·秒²/米⁴;
 C_x ——阻力系数。

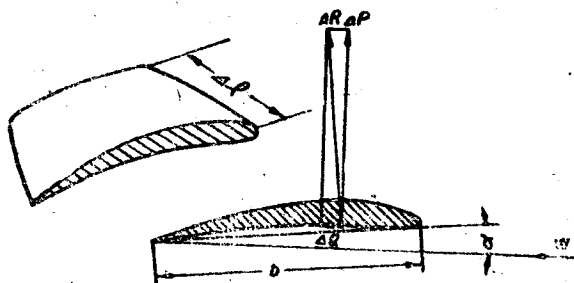


图 2-7

升力系数, 阻力系数和冲角 α 之间的关系是根据不同的翼型放在风洞中进行试验求出的。图 2-8 是 B 型轴流式通风机的翼型特性。我国沈阳扇风机厂制造的 By 型也采用这种翼型。当冲角逐渐增加时, 升力系数也逐渐增加而达到最大值, 相当于图中 12° 的位置。此后再增大冲角, 升力系数反而缩小, 阻力系数则继续增加。通常应用的升力系数是在其最大值左侧的那段曲线。

从理论上也可以求出升力的公式:

$$\Delta P = \rho W \Gamma \Delta l$$

由上式可以看出, 速度为 W 的理想流体流过长度为 Δl 的翼型时, 在翼型上产生的升力 ΔP 等于流体密度 ρ , 流体速度 W , 围绕翼型的环量 Γ 和翼型长度 Δl 的乘积。升力 ΔP 的方向垂直于流体速度 W 。

流体的运动可分成两种: 一为无涡流的运动, 称为位流 (即流体作平行的流动)。另一为涡流, 即流体的旋转运动。