



工业离心风机

使用及安装手册

安徽庐风风机有限公司

ANHUI LUFENG FAN CO.,LTD.

地址：安徽省合肥市庐江县高新区礃桥路196号

商务：0551-87422598

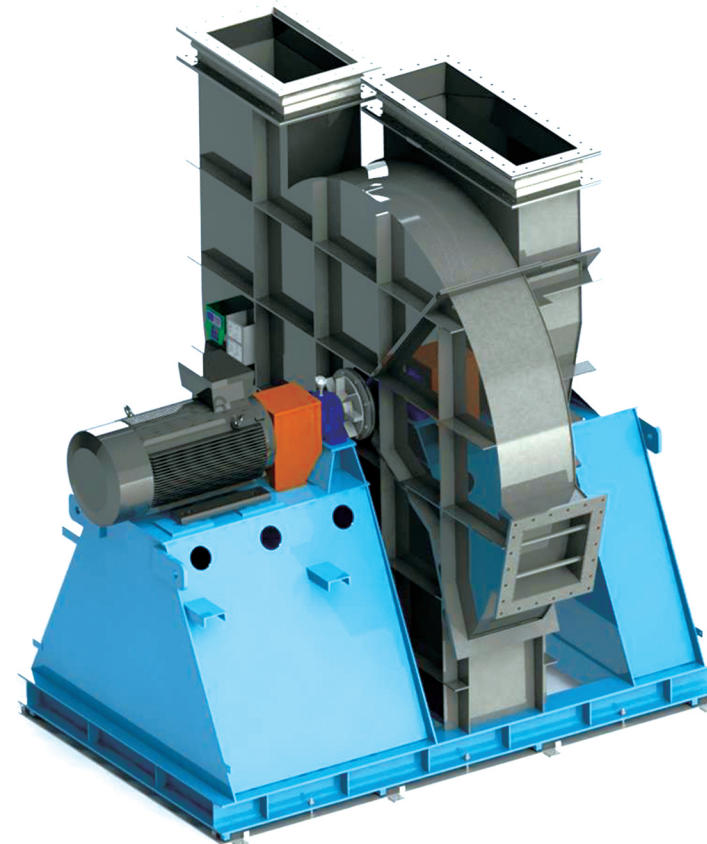
技术：0551-87421007

邮箱：ahlffj@126.com

邮编：231500

安徽庐风风机有限公司

ANHUILUFENG



安徽庐风风机有限公司

公 司 简 介

安徽庐风风机有限公司地处“周瑜故里、温泉之乡、东临巢湖、南近长江”的文明古城——庐江县(县城)高新区礃桥路196号。距合铜黄高速公路、沪蓉高速公路入口、合九铁路庐江站、合安高铁庐江西站约8~20分钟路程；到闻名世界的黄山、九华山、天柱山约1~2小时路程，水路交通十分便利。

安徽庐风风机有限公司是原安徽省风机厂经改制后建成的一家新型的具有“自主进出口经营权、民营独资、高新技术型”企业，公司坚持“拼搏进取，争创一流”的企业精神，发展迅速，并顺利通过ISO9001：2000质量体系认证、环境管理体系认证、通风机能效等级认证、健康安全认证，并取得了相关证书。公司现有注册资金1.1亿元。改制后的安徽庐风风机有限公司以崭新的面貌出现在广大用户面前。

安徽庐风风机有限公司拥有一支多年从事风机研发的专家团队，技术力量雄厚，新产品开发能力强，不仅传承了原安徽省风机厂60多年的技术沉淀和经验积累，并且和德国DLK公司长期合作，引进并消化吸收该(DLK)公司的VML及VH全套技术。近年来，为积极响应国家“节能降耗，提质增效”的号召，同时，也为了适应市场需求，使我司的产品在性能上(节能、高效)再上一个新台阶，我司专门成立节能产品开发部，成绩斐然。尤其是我公司二次开发的VML、VH、6-29、6-39、SY5-55、SY4-73、SY6-24、SY7-28、SY6-35等系列高效离心(轴流)风机，使我公司风机产品的技术、能耗等级实现了质的飞跃，得到客户广泛好评的同时，也引起了中央电视台“崛起中国”栏目组的高度关注！

我公司产品质量可靠，被安徽省科学技术厅评定为国家高新技术产品，并申请国家几十项专利。我们坚持“想用户之所需，急用户之所求”的用户至上的发展宗旨，曾多次获得安徽省“重合同、守信用”企业、国家高新技术企业、安徽省名优产品等称号。

庐风人热烈欢迎国内外广大客户光临我司指导洽谈工作！



目 录

第一章 风机基础知识	3
1-1 通风机的分类	3
1-2 通风机的命名	5
1-3 通风机的主要性能参数	8
1-4 比转速	10
1-5 通风机性能参数的相似换算	11
1-7 通风机与管网特性	13
第二章 通风机选型方法	16
2-1 通风机的选用原则	16
2-2 通风机的选型方法	19
2-3 典型通风机实用选型	20
第三章 通风机的安装、运转与维护	24
3-1 安装前须知	24
3-2 对风机安装基础的要求	24
3-3 机组安装	25
3-4 安装或检修带式传动的风机及对装配带轮的基本要求	27
3-5 安装或检修风机、清洗滚动轴承方法	28
3-6 轴承箱的找正、调平	28
3-7 组装机壳时的注意事项	29
3-8 电动机与通风机联轴器的同轴度找正	29
3-9 风机安装后的试车步骤	29
3-10 风机安装后的试车操作程序	30
3-11 离心式通风机启动前的检查工作	30
3-12 离心式通风机在运行中必须注意的事项	30
3-13 锅炉引风机、高温通风机在启动是应注意的事项	31
3-14 锅炉引风机在运行中必须注意改善运行条件	31
3-15 风机在安装试车中紧急停车	31
3-16 停车时的注意事项	31
3-17 长期停车时的注意事项	31
3-18 通风机的维修保养	32
3-19 通风机的定期维护和检查	32
3-20 锅炉通风机和煤粉排风机的维护检查及防磨措施	32
3-21 检查风机叶片损伤的常用方法	35
3-22 风机检修的基本项目	35
3-23 离心式风机叶轮检修方法和精度要求	36
3-24 检修风机的滑动轴承	36
3-25 风机常用的密封种类及检修程序	37
3-26 通风机装置主要部件、故障及排除方法	38
第四章 风机的故障排除	43
4-1 故障的检查准备工作	43
4-2 故障的表现形式、判定及其排除	45

第一章 风机基础知识

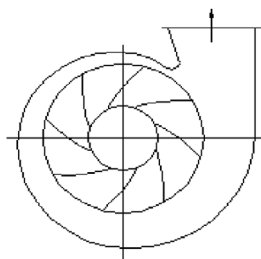
风机是各个工业领域中不可缺少的设备，应用面极其广泛而且量大。据统计风机用电量占全国发电量的 10% 左右。由此看出，风机的选型正确与否，对风机安全、可靠、合理运行及企业的经济效益都有较大影响。为使所用的风机高效运行，首先要了解风机的特性，本章将着重叙述通风机的基本知识。

1-1 通风机的分类

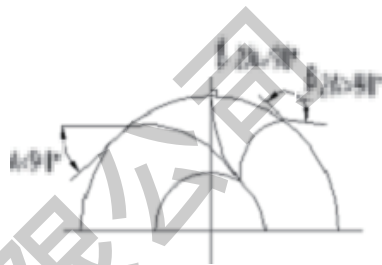
1-1-1 按气流运动方向分类

1. 离心通风机

气流进入旋转的叶片通道，在离心力作用下气体被压缩并沿着半径方向流动。



离心式通风机工作原理



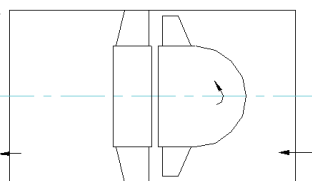
前向、径向、后向叶片叶轮

1) 前向叶轮 叶轮出口几何角大于 90° 的离心式叶轮。前向叶轮

一般采用圆弧形叶片，较后向和径向叶轮获得的压力大，但效率较低，如果对通风机压力要求较高，转速或圆周速度又受到一定限制时，往往采用前向叶轮。

2) 径向叶轮 叶片出口几何角等于 90° 的离心式叶轮。径向叶轮通风机压力系数较高（仅次于多叶通风机），小型轻量，适用于磨损较严重的场合。效率略低于后向通风机。

3) 后向叶轮 叶片出口几何角大于 90° 的离心式叶轮。后向叶轮通风机在离心通风机中效率最高，适用于风量范围宽的场合。



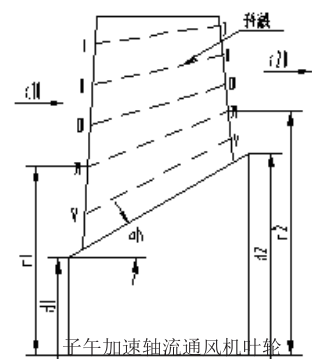
轴流式通风机

2. 轴流通风机

气流轴向进入风机叶轮后，在旋转叶轮的流道中沿着轴线方向流动的通风机。相对于离心通风机，轴流通风机具有流量大、体积小、压头低的特点，用于有灰尘和腐蚀性气体场合时需注意。

3. 子午加速轴流风机

子午加速轴流通风机，叶轮流道的截面积是逐渐减少的，气流经过叶轮后，它的速度得到了增加。爱克型子午加速轴流通风机叶轮的轮毂为圆锥形。这种子午加速轴流通风机的特点是：全压系数高，效率曲线平坦，但叶轮入口对气流条件的敏感性差些。因此用前导流器进行调节时，可获得较好的调节性能。该风机出口动压大，有很大一部门动压要在扩散器中转变为静压，因此扩散器的负担较大。



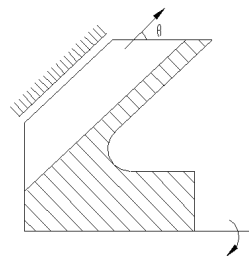
子午加速轴流通风机叶轮

4. 斜流式（混流式）通风机

在通风机的叶轮中，气流的方向处于轴流式和离心式之间，近似沿锥面流动，故可称为斜流式（混流式）通风机。这种风机的压力系数比轴流式风机高，而流量系数比离心式风机高。

5. 横流式通风机

横流式通风机有一个筒形的多叶叶轮转子，气流沿着与转子轴线垂直的方向，从转子一侧的叶栅进入叶轮，然后穿过叶轮转子内部，通过转子另一侧的叶栅，将气体排出。这种风机具有薄而细长的出口截面，不必改变流动方向等特点，



斜流（混流）式通风机叶轮



适于装置在各种扁平或细长形的设备里。这种风机静压比较高，气流不乱，但效率较低。

1-1-2 按压力分类

1. 低压离心风机

风机进口为标准大气条件，通风机全压 $p_{tF} \leq 1\text{kPa}$ 的离心风机。

2. 中压离心风机

风机进口为标准大气条件，通风机全压为 $1\text{kPa} < p_{tF} < 3\text{kPa}$ 的离心风机。

3. 高压离心风机

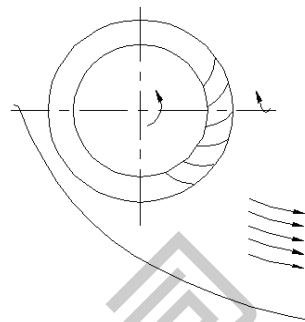
风机进口为标准大气条件，通风机全压为 $3\text{kPa} < p_{tF} < 15\text{kPa}$ 的离心风机。

4. 低压轴流风机

风机进口为标准大气条件，通风机全压为 $p_{tF} \leq 0.5\text{kPa}$ 的轴流风机。

5. 高压轴流风机

风机进口为标准大气条件，通风机全压为 $0.5\text{kPa} < p_{tF} < 15\text{kPa}$ 的轴流风机。



横流式通风机示意图

1-1-3 按比转速大小分类

比转速是指要达到单位流量和压力所需的转速。

1. 低比转速通风机 ($n_s=11 \sim 30$)

该类风机进口直径小，工作轮宽度不大，蜗壳的宽度和张开度小。工作轮叶片可以是前向的，也可以是后向的。通风机的比转速较小，叶片形状对气动特性曲线的影响越小。

2. 中比转速通风机 ($n_s=30 \sim 60$)

该类风机各自具有不同的几何参数和气动参数。压力系数大的和压力系数小的中比转速通风机，它们的直径几乎相差一倍。

3. 高比转速通风机 ($n_s=60 \sim 81$)

该类风机具有宽工作轮和后向叶片，叶片数较少，压力系数和最大效率值较高。通常离心风机的比转速 $n_s=15 \sim 18$ ；混流通风机 $n_s=80 \sim 120$ ；轴流通风机 $n_s=100 \sim 500$ 。

1-1-4 按用途分类

按通风机的用途分类，可分为引风机、纺织风机、消防排烟风机等。通风机的用途一般以汉语拼音字头代表（有的企业以其他方式表示）。

通风机按用途分类

序号	通风机名称	代 号		用 途	通风机类型
		汉 字	缩 写		
1	通用通风机	通用	T	一般通用通风换气	离心式、轴流式
2	锅炉通风机	锅通	G	热电站及工业锅炉输送空气	离心式、轴流式
3	锅炉引风机	锅引	Y	热电站及工业锅炉抽引烟气	离心式、轴流式
4	高温通风机	高温	W	高温气体输送	离心式、轴流式
5	冷却通风机	冷却	L	工业冷却通风	一般为轴流式
6	热风通风机	热风	R	吹热风	离心式、轴流式
7	降温通风机	凉风	LF	吹降温凉风	轴流式、离心式
8	防爆通风机	防爆	B	易爆气体通风换气	离心式、轴流式
9	防腐通风机	防腐	F	腐蚀气体通风换气	离心式、轴流式
10	矿井通风机	矿井	K	矿井主体通风	离心式、轴流式
11	矿局通风机	矿局	KJ	矿井局部通风	多为防爆轴流式
12	隧道通风机	隧道	SD	隧道通风换气	多为轴流式
13	船舶通风机	船通	CT	舰船用通风换气	离心式、轴流式
14	船锅通风机	船锅通	CG	船用锅炉输送空气	离心式、轴流式
15	船锅引风机	船锅引	CY	船用锅炉抽引烟气	离心式、轴流式
16	排尘通风机	尘	C	木屑、纤维及含尘气体、输送	多为离心式
17	粉末通风机	粉末	FM	物料和粉末输送	多为离心式
18	煤粉通风机	煤粉	M	锅炉燃烧系统的煤粉输送	多为离心式
19	烧结抽风机	烧结	SJ	烧结炉排送烟气	多为离心式
20	工业炉通风机	工业炉	GY	化铁炉、锻造炉冶金炉等鼓、引风	离心式
21	纺织通风机	纺织	FZ	纺织工业通风换气	离心式、轴流式
22	烟气再循环风机	烟循	YX	烟气再循环	离心式、轴流式
23	消防排烟风机	消防排烟	XP	高层建筑、车库、暖房等消防排烟	轴流式、离心式
24	空调通风机	空调	KT	空气调节	离心式、轴流式
25	电影机械冷却通风机	影机	TJ	电影机械冷却烘干	离心式
26	微型电动吹风机	电动	DD	一般吹风	轴流式

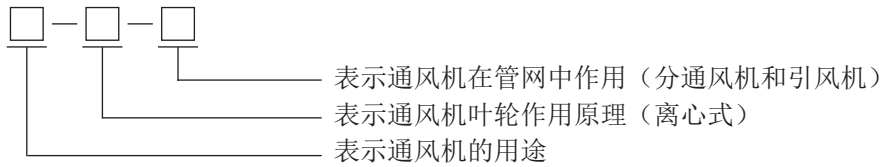
注：若用途代号不够表达时，允许增添代号，但不得有重。

1-2 通风机的命名

1-2-1 离心风机通风机的名称、型号及结构型式

1. 名称

名称包括用途、作用原理和在管网中的作用等三部分。

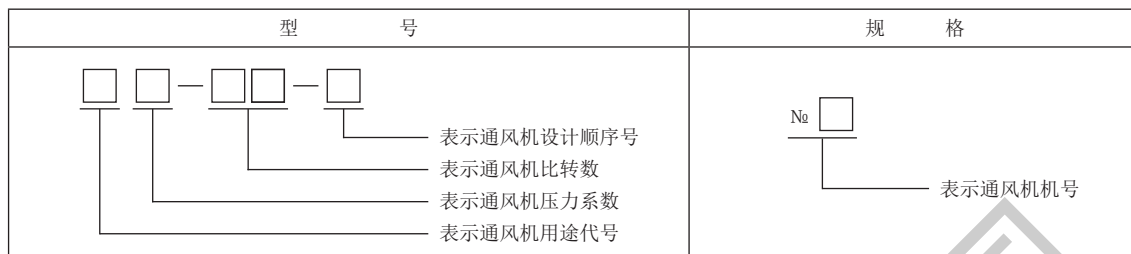


2. 型号

有型式和规格组成。型式又由同风机用途代号、压力系数、比转速和设计顺序号组成。



离心通风机型号组成顺序关系



说明:

- 用途代号按有关规定（一般按用途名称拼音的第1个大写字母）。
 - 压力系数的5倍化整后采用一位数。个别前向叶轮的压 力系数的5倍化整后大于10时，也可以用两位整数表示。
 - 比转速采用两位整数。若用二叶轮并联结构，或单叶轮双吸入结构，则用2乘比转速表示。
 - 若产品的形式有重复代号或派生型时，则在比转速后加注序号，采用罗马数字 I、II 等表示。
 - 设计序号用阿拉伯数字“1”、“2”等表示。供对该型产品有重大修改时用。若性能参数、外形尺寸、易损件没有更动时，不应使用设计序号。
 - 机号用叶轮直径的分米（dm）数表示。
3. 离心通风机的名称型号表示

型号表示举例

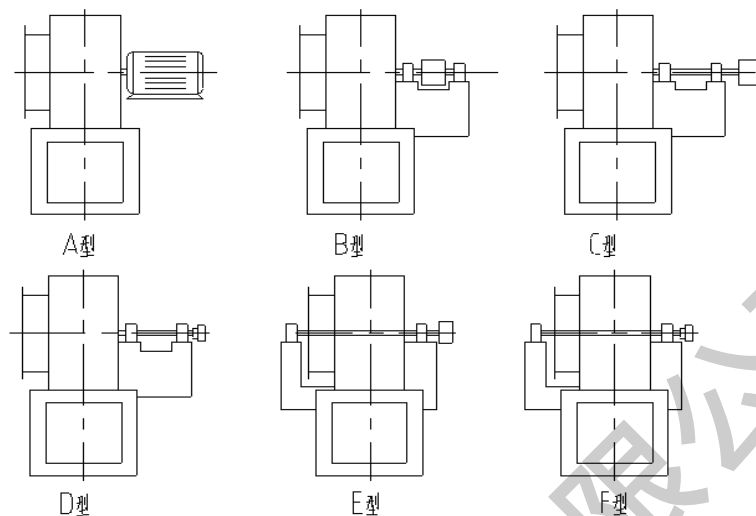
序号	名 称	型 号		说 明
		型 式	规 格	
1	（通用）离心通风机	4-72	N ₀ 20	一般通风换气用，压力系数乘5后的化整数为4，比转速为72，机号为20即叶轮直径2000mm
2	（通用）离心通风机	4-2×72	N ₀ 20	叶轮是双吸入型式，其他参数同第一条
3	矿井离心通风机	K4-2×72	N ₀ 20	矿井主扇通风用，其他参数同2条
4	防爆离心通风机	B4-72	N ₀ 20	防爆通风换气用，其他参数同1条
5	（通用）离心通风机	4-72-1	N ₀ 20	与4-72型相同的另一（系列）产品。其他参数同1条
6	锅炉离心通风机	G4-72	N ₀ 20	用在锅炉通风上，其他参数同1条
7	锅炉离心引风机	Y4-72	N ₀ 20	用在锅炉引风上，其他参数同1条
8	（通用）离心通风机	4-72-1	N ₀ 20	某厂对原4-72型产品有重大修改，为便于区别后加用“-1”设计序号表示，其他参数同1条
9	空调离心通风机	KT11-74	N ₀ 5	用于空调通风上，压力系数乘5后的化整数为11，比转速74，机号为5即叶轮直径500mm
10	空调离心通风机	KT11-2×74	N ₀ 5	叶轮为并联型式，其他参数同9条

4. 结构型式

1) 传动型式：离心通风机的传动型式通常有电动机直联、带轮、联轴器等三种型式。各种传动型式的代表符号与结构说明见表与图。

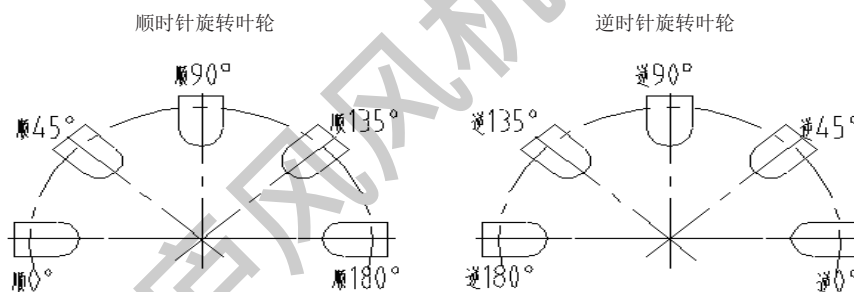
离心通风机传动型式代表符号与结构说明

传 动 型 式	符 号	结 构 说 明
电动机直联	A	风机叶轮直接装在电动机轴上
带 轮	B	带轮在两轴承中间
	C	带轮悬臂安装在轴的一端，叶轮悬臂安装在轴的另一端。
	E	带轮悬臂安装、叶轮安装在两轴承之间
联 轴 器	D	叶轮悬臂安装
	F	叶轮安装在两轴承之间



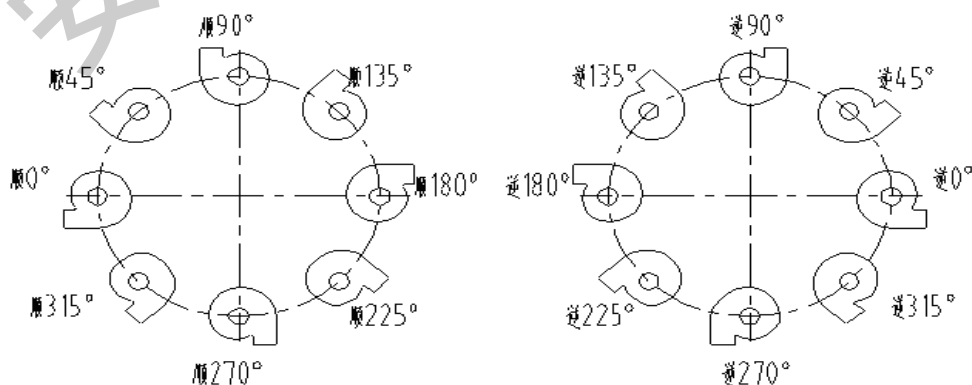
离心风机传动型式

2) 离心风机进气室的位置 按叶轮旋转方向, 根据安装角的不同各规定五种基本位置 (从原动机侧看)。



离心风机进气室位置

离心风机出气口安装位置 按叶轮旋转方向, 根据安装角的不同各规定 8 种基本位置 (从原动机侧看), 不能满足使用时, 允许采用下表所列的补充角度。



离心风机出风口安装位置



补 充 角 度

补充角度	15°	30°	60°	75°	105°	120°	150°	165°	195°	210°
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------

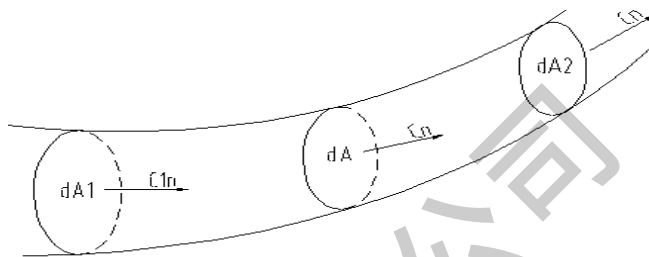
1-3 通风机的主要性能参数

1-3-1 通风机的流量

通风机的流量通常是指单位时间内流过通风机的气体容积,用 q_v 表示。它的单位是 m^3/h 、 m^3/min 、 m^3/s 。

如无特殊说明,通风机的体积流量,特指通风机进口处的体积流量。

由连续性方程式可知,在稳定流动的管路系统中,任意二截面上的质量流量 m 保持不变,即



连续性方程原理图

$$m = \int A_2 A_1 \rho c_n dA = \text{常数}$$

式中 c_n —— 垂直于微截面 dA 上的速度。

如果取管路截面或风机通流截面上的速度平均值,则可将上式写成一元流动连续性方程式

$$m = \rho_1 c_1 n A_1 = \rho_2 c_2 n A_2 = \rho c n A$$

由于流通截面乘上该截面上的垂直速度等于该截面上的体积流量 q_v ,故又可将上式写成

$$m = \rho_1 q_{v1} = \rho_2 q_{v2} = \rho q_v$$

由此可见随着通风机各流通截面上的压力增加,流过各截面上的体积流量将随之减少,通风机出口的体积流量就小于进口的体积流量。

1-3-2 通风机的压力

1. 通风机的动压

通风机出口截面上气体的动能所表征的压力称之为动压,用 p_{dF} 表示,即

$$p_{dF} = \rho_2 \frac{c_2^2}{2}$$

2. 通风机的静压

通风机的静压是指通风机的全压与通风机出口动压之差,用 p_{sF} 表示,即

$$p_{sF} = p_{tF} - p_{dF}$$

$$p_{sF} = (p_{sF2} - p_{sF1}) - \rho \frac{c_1^2}{2}$$

3. 通风机的全压 通风机全压是指通风机出口截面与进口截面的全压之差,用 p_{tF} 表示,即

$$p_{tF} = (p_{sF2} + \rho_2 \frac{c_2^2}{2}) - (p_{sF1} + \rho_1 \frac{c_1^2}{2})$$

1-3-3 通风机的功率

1. 通风机的有效功率

通风机所输送的气体，在单位时间内从通风机中所获得的有效能量，叫作通风机的全压有效功率，用 P_e (kW) 表示。即

$$P_e = \frac{P_{tF} q_v}{1000}$$

对应于通风机的静压有效功率为 P_{esF} 。即

$$P_{esF} = \frac{P_{sF} q_v}{1000}$$

2. 通风机的内功率

计入流动损失和泄露损失，单位时间里传给气体的有效功叫作通风机的内功率用 P_{in} 表示，即内功率等于有效功率 P_e 加上通风机的内部流动损失功率 ΔP_{in}

$$P_{in} = P_e + \Delta P_{in}$$

3. 通风机的轴功率

单位时间内原动机传递给通风机轴能量，叫做通风机的轴功率 P_{sh} ，它等于通风机的内功率 P_{in} 加上轴承和传动装置的机械损失功率 ΔP_{me} ，即

$$P_{sh} = P_{in} + \Delta P_{me} \quad P_{sh} = P_e + \Delta P_{in} + \Delta P_{me}$$

1-3-4 通风机的效率

1. 通风机全压效率 η_{tF}

等于通风机全压有效功率 P_{etF} 与轴功率 P_{sh} 之比，即

$$\eta_{tF} = \frac{P_{etF}}{P_{sh}} = \frac{P_{tF} q_v}{1000 P_{sh}} \quad \text{或} \quad \eta_{tF} = \eta_{in} \eta_{me}$$

$$\text{其中 } \eta_{me} \text{ 称为机械效率，且 } \eta_{me} = \frac{P_{in}}{P_{sh}} = \frac{P_{tF} q_v}{1000 \eta_{in} P_{sh}}$$

机械效率表征通风机轴承损失和传动损失的好坏，是通风机机械传动系统设计的主要指标，根据通风机的传动方式，表中列出了机械效率的选用值，供设计时参考。当风机转速不变而运行于低负荷工况时，因机械损失不变，故机械效率还将降低。

传动方式与机械效率

传动方式	机械效率 η_{me}	传动方式	机械效率 η_{me}
电动机直联	1.0	减速器传动	0.95
联轴器直联传动	0.98	V带传动	0.92

2. 通风机的静压效率

通风机静压效率 η_{sF} ，等于通风机静压有效功率与通风机轴功率之比，即

$$\eta_{sF} = \frac{P_{esF}}{P_{sh}} = \frac{P_{sF} q_v}{1000 P_{sh}}$$

3. 通风机的全压内效率

通风机的全压内效率 η_{in} ，等于通风机全压有效功率与通风机内部功率之比：

$$\eta_{in} = \frac{P_{etF}}{P_{in}} = \frac{P_{tF} q_v}{1000 P_{in}}$$



4. 通风机的静压内效率

通风机的静压内效率 $\eta_{sF \bullet in}$ ，等于通风机静压有效功率与通风机内部功率之比：

$$\eta_{sF \bullet in} = \frac{P_{esF}}{P_{in}} = \frac{p_{sF} q_v}{1000 P_{in}}$$

1-3-5 通风机所需功率

通风机所需要功率 P ，应根据轴功率大小，使所选配的电动机留有一定的功率储备。选配的电动机功率为：

$$P \geq K P_{sh} = K \frac{P_{tF} q_v}{1000 \eta_{tF}} \quad \text{或} \quad P \geq K P_{sh} = K \frac{p_{sF} q_v}{1000 \eta_{sF}}$$

式中 K ——功率储备系数，其值可按表选取。

功率储备系数 K

电动机功率 /KW	功 率 储 备 系 数 K			
	离 心 式			轴 流 式
	一般用途	灰 尘	高 温	
< 0.5	1.5	1.2	1.3	1.05 ~ 1.10
0.5 ~ 1.0	1.4			
1.0 ~ 2.0	1.3			
2.0 ~ 5.0	1.2			
> 5.0	1.15			
一般风机	1.15			
高压风机 (> 7500Pa)	1.2			
引风机	1.3			
采用软起动	1.1			

1-3-6 通风机的转速

通风机的流量、压力、功率等参数都随着通风机的转速而改变。因此，通风机的转速也是一个特性参数，通常用 n 表示，单位为 r/min 。

1-3-7 通风机性能曲线

通风机的压力 p 、功率 P 和效率 η 等随通风机流量 q_v 的不同而变化的关系曲线，称通风机的性能曲线（或特性曲线）。通风机性能曲线一般都是通过实验测得的，称通风机实际性能曲线，用它来检验设计参数与实测参数之间的一致程度，也可指定通风机的适应性，例如要求通风机效率曲线尽可能平坦，高效率区间尽可能大些，以适应工况的变化，使通风机在较佳状况下工作。

右图为一台离心通风机的性能曲线，其横坐标轴表示流量 $q_v (m^3/h)$ ，纵坐标分别表示通风机的全压 $p_{tF} (Pa)$ 、静压 $p_{sF} (Pa)$ 、全压效率 $\eta (\%)$ ，轴功率 $P (kW)$ ，该通风机的运行转速为 $1450 r/min$ 。

1-4 比转速

比转速可以用来划分通风机的类型，反映叶轮的几何形状和用于通风机的相似设计。可见比转速具有重要的特征及实用意义。

通风机的比转速由下式确定

$$n_s = 5.54n \frac{\sqrt{q_v}}{\sqrt[4]{\frac{1.2}{\rho} p_{tF}}}$$

式中

- q_v —— 流量 (m^3/s) ;
- P_{tF} —— 全压 (Pa);
- n —— 转速 (r/min);
- ρ —— 通风机进口的气体密度 (kg/m^3) 。

当通风机进口处为标准进气状态, 即空气进口处空气压力为 101325Pa, 温度为 20℃, 相对湿度为 50%, 且气体介质为空气时, 上式中的 $\rho=1.2\text{kg}/\text{m}^3$, 故上式可以写成:

$$n_s = 5.54n \frac{q_v^{1/2}}{P_{tF}^{3/4}}$$

对于标准进气状态 $\rho=1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 时, 上式还可以写成:

$$n_s = 138 \frac{\psi^{1/2}}{\psi_t^{1/2}}$$

两通风机在貌似工况下工作时, 它们的比转速相等。同一台通风机, 对应于特性曲线上的每个工况, 都可以计算其比转速, 也就是有许多个比转速。为了能表达各种系列通风机的特性, 便于比较, 我们规定, 把最高效率点的比转速, 作为该系列通风机的比转速。如 4-73 型通风机最高效率点的比转速为 73。

值得注意的是: 通风机的比转速都是指单级单吸入时的比转速。

双吸入单级通风机的比转速为

$$n_s = 5.54n \frac{\left(\frac{q_v}{2}\right)^{1/2}}{P_{tF}^{3/4}}$$

两级串联通风机的比转速为

$$n_s = 5.54n \frac{q_v^{1/2}}{\left(\frac{P_{tF}}{2}\right)^{3/4}}$$

1-5 通风机能参数的相似换算

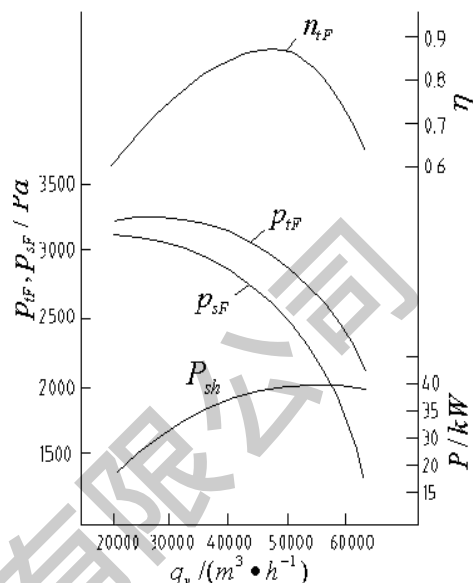
两台相似通风机的无因次参数 ψ 、 φ 、 λ 、 η 均相等, 在其转速 n 、叶轮直径 D 、气体密度 ρ 发生变化时, 压力 P 、流量 q_v 、功率 P 之间的关系可利用相似原理来进行性能换算。

1-5-1 压力换算

两通风机全压按无因次性能参数的计算公式分别为:

$$P_{tF} = \frac{1}{2} \rho u^2 \psi_t = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{\pi D n}{60} \right)^2 \psi_t \quad P'_{tF} = \frac{1}{2} \rho' u'^2 \psi'_t = \frac{1}{2} \rho' \left(\frac{\pi D' n'}{60} \right)^2 \psi'_t$$

由于 $\psi_t = \psi'_t$





所以

$$\text{全压 } \frac{p_{tF}}{p'_{tF}} = \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^2 \left(\frac{D}{D'} \right)^2$$

$$\text{静压 } \frac{p_{sF}}{p'_{sF}} = \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^2 \left(\frac{D}{D'} \right)^2$$

$$\text{动压 } \frac{p_{dF}}{p'_{dF}} = \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^2 \left(\frac{D}{D'} \right)^2$$

1-5-2 流量换算

两通风机流量按无因次性能参数的计算公式分别为：

$$q_v = Fu\varphi = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{\pi D n}{60} \varphi \quad q'_v = F'u'\varphi' = \frac{\pi}{4} D'^2 \frac{\pi D' n'}{60} \varphi'$$

由于 $\varphi = \varphi'$

$$\text{所以 } \frac{q_v}{q'_v} = \frac{n}{n'} \left(\frac{D}{D'} \right)^3$$

1-5-3 内功率换算

两通风机功率按无因次性能参数的计算公式分别为：

$$P_{in} = \frac{\rho A u^3}{2000} \lambda_{in} = \frac{\rho \frac{\pi}{4} D^2 \left(\frac{\pi D n}{60} \right)^3}{2000} \lambda_{in} \quad P'_{in} = \frac{\rho' A' u'^3}{2000} \lambda'_{in} = \frac{\rho' \frac{\pi}{4} D'^2 \left(\frac{\pi D' n'}{60} \right)^3}{2000} \lambda'_{in}$$

由于 $\lambda_{in} = \lambda'_{in}$

$$\text{所以 } \frac{P_{in}}{P'_{in}} = \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^3 \left(\frac{D}{D'} \right)^5$$

1-5-4 效率换算

两通风机性能换算时，内效率和内静压效率均对应相等。即

$$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in} \quad \eta_{sF \bullet in} = \eta'_{sF \bullet in}$$

以上两通风机性能的换算公式，是指 ρ 、 n 、 D 均有变化时推导出来的，如果只改变其中的一个或两个参数时，则公式可以简化。

另外，气体密度 ρ 值的变化，根据气体状态方程式有：

$$\frac{\rho}{\rho'} = \frac{p_1}{p'_1} \frac{T'_1}{T_1}$$

式中 p_1 、 p'_1 ——通风机进口绝对全压 (Pa)；

T_1 、 T'_1 ——通风机进口热力学温度 (K)。

通风机性能换算表

序号	1	2	3
换算条件	$D \neq D'$ $n \neq n'$ $\rho \neq \rho'$	$D = D'$ $n \neq n'$ $\rho \neq \rho'$	$D \neq D'$ $n = n'$ $\rho \neq \rho'$
流量换算	$q_v = q'_v \frac{n}{n'} \left(\frac{D}{D'} \right)^3$	$q_v = q'_v \frac{n}{n'}$	$q_v = q'_v \left(\frac{D}{D'} \right)^3$
全压换算 (静动压亦同)	$p_{tF} = p'_{tF} \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^2 \left(\frac{D}{D'} \right)^2$	$p_{tF} = p'_{tF} \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^2$	$p_{tF} = p'_{tF} \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{D}{D'} \right)^2$
内功率换算	$p_{in} = p'_{in} \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^3 \left(\frac{D}{D'} \right)^5$	$p_{in} = p'_{in} \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{n}{n'} \right)^3$	$p_{in} = p'_{in} \frac{\rho}{\rho'} \left(\frac{D}{D'} \right)^5$
内效率 (内静压效率亦同)	$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in}$	$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in}$	$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in}$

序号	4	5	6	7
换算条件	$D \neq D'$ $n \neq n'$ $\rho = \rho'$	$D = D'$ $n = n'$ $\rho \neq \rho'$	$D = D'$ $n \neq n'$ $\rho = \rho'$	$D \neq D'$ $n = n'$ $\rho = \rho'$
流量换算	$q_v = q'_v \frac{n}{n'} \left(\frac{D}{D'} \right)^3$	$q_v = q'_v$	$q_v = q'_v \frac{n}{n'}$	$q_v = q'_v \left(\frac{D}{D'} \right)^3$
全压换算 (静动压亦同)	$p_{tF} = p'_{tF} \left(\frac{n}{n'} \right)^2 \left(\frac{D}{D'} \right)^2$	$p_{in} = p'_{in} \frac{\rho}{\rho'}$	$p_{tF} = p'_{tF} \left(\frac{n}{n'} \right)^2$	$p_{tF} = p'_{tF} \left(\frac{D}{D'} \right)^2$
内功率换算	$p_{in} = p'_{in} \left(\frac{n}{n'} \right)^3 \left(\frac{D}{D'} \right)^5$	$p_{in} = p'_{in} \frac{\rho}{\rho'}$	$p_{in} = p'_{in} \left(\frac{n}{n'} \right)^3$	$p_{in} = p'_{in} \left(\frac{D}{D'} \right)^5$
内效率 (内静压效率亦同)	$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in}$	$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in}$	$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in}$	$\eta_{tF \bullet in} = \eta'_{tF \bullet in}$

1-6 通风机与管网特性

1-6-1 管网压力的损失计算方法

根据气体在管网中的流动管网压力损失分为：

① 气体在管网中流动时，气体速度的大小和方向保持不变，此时能量损失是发生在等截面直管段上，是由气体微团之间以及气体与管壁的摩擦引起的，称之为摩擦损失或摩擦阻力。

② 气流速度的大小和方向二者或其中之一有变化。此时能量损失发生在截面大小和方向二者或其中之一有变化的局部管段上，是由气流经过这些管段产生涡流所引起的，称之为局部损失或



局部阻力。

1. 摩擦阻力的计算方法

摩擦阻力与空气的性质（密度、粘性等）、流动状态（层流或紊流）以及管道截面的形状、尺寸和管壁表面粗糙度等诸因素有关，可用摩擦阻力系数 λ 表征其特性。此外，摩擦阻力还与管道中的气流速度和管道长度有关。圆形截面直管段单位长度上的摩擦阻力的计算公式如下：

$$R_m = \frac{\lambda}{D} \times \frac{\rho}{2} v^2$$

式中 R_m —— 单位长度上的摩擦阻力（单位摩擦阻力）；

λ —— 摩擦阻力系数； $\frac{\lambda}{D}$ —— 当量摩擦阻力系数；

D —— 圆管直径； ρ —— 气体的密度；

$\frac{\rho}{2} v^2$ —— 动压； v —— 管道中气流速度。

摩擦阻力系数 λ 通常依靠大量的实验数据取得，因此上述公式属半经验公式。这里推荐一般常用的几个经验公式：

当气体的流动状态为完全紊流时，摩擦阻力与反映气体粘性的雷诺系数无关，仅是粗糙度的函数，此时摩擦阻力系数可按下式计算：

$$\lambda = \frac{1}{(2 \lg \frac{\Delta}{2\lambda} + 1.74)^2}$$

当气体流动状态处于层流与完全紊流之间的过度区域时，摩擦阻力是雷诺数与相对粗糙度二者的函数，此时摩擦阻力系数可按下式计算

$$\lambda = \frac{1.42}{\left(\lg 1.274 \frac{q_v}{\Delta v} \right)^2}$$

当气体的流动状态为层流时，摩擦阻力与相对粗糙度无关，仅是雷诺数的函数，此时摩擦阻力系数可按下式计算：

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$$

下式为通用公式：

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta}{3.71D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

2. 局部阻力的计算

局部阻力发生在管网中的局部管件上，是由于气体流经这些管时，气流速度的大小和方向（二者或其中之一发生变化引起气流分离而形成的涡流损失，它与管件的形状、尺寸和气流速度的大小有关。管件局部阻力的计算公式如下：

$$R_z = \xi \frac{\rho}{2} v^2$$

其中： R_z ——局部阻力损失； ξ ——管件局部阻力损失系统； v ——管件的气流速度。

管件局部阻力系数 ξ 表征了管件的阻力特征，它与管件的几何形状及尺寸有关。

3. 管网的总损失是静压损失。按照狭义的管网特性（即不计及工作场所的工作压力）来说，管网的总损失如下式：

$$\text{管网摩擦阻力和局部阻力应该是：} R = \sum R_m L + \sum R_z + \frac{\rho_j}{2} v^2$$

式中： L ——各直管段的长度。

1-6-2 管道沿程压力损失的计算

管道中气流流动，由于气体本身有粘滞性而且与管壁间有摩擦，因而沿程将产生阻力。这部分阻力，通常称为沿程阻力或摩擦阻力。克服沿程阻力引起的能量损失，称为沿程压力损失或摩擦压力损失，一般简称为沿程损失或摩擦损失。

1. 沿程损失的计算

空气在横断面不变的管道内流动时，沿程压力损失可按下式计算：

$$\Delta p_m = \lambda \frac{1}{4R_s} \frac{v^2 \rho}{2} l$$

式中： Δp_m ——管道的沿程压力损失（Pa）； λ ——摩擦阻力系数；

R_s ——管道的水力半径（m）； v ——管道内空气的平均流速（m/s）；

ρ ——空气的密度（kg/m³）； l ——管道的长度（m）；

$R_s = \frac{A}{P}$ A ——管道的过流断面积（m²）； P ——湿周，即管道的周长（m）。

2. 单位长度摩擦损失的计算

① 单位长度摩擦损失 单位长度的摩擦损失，通常也成为比摩阻，用符号 p_m 表示。

从沿程压力损失的公式可得出： $p_m = \lambda \frac{1}{4R_s} \frac{v^2 \rho}{2}$

按管道水力半径的计算式，对于圆形管道： $R_s = \frac{D}{4}$ 则 $p_{mr} = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2 \rho}{2}$

对于矩形管道： $R_s = \frac{ab}{2(a+b)}$ 则 $p_{mf} = \frac{\lambda}{\frac{2ab}{a+b}} \times \frac{v^2 \rho}{2}$

对于其他形状的管道，也可按类似的方法先求出水力半径 R_s ，再计算单位长度摩擦损失。

式中 p_m ——单位长度摩擦损失（Pa/m）；

p_{mr} ——圆形管道单位长度的摩擦损失（Pa/m）；

p_{mf} ——矩形管道单位长度的摩擦损失（Pa/m）；

D ——圆形管道的内径（m）；

a ——矩形管道长边的内边长（m）；

b ——矩形管道短边的内边长（m）； $\frac{2ab}{a+b}$ ——矩形管道的流速当量直径（m）。



② 摩擦阻力系数

对大部分通风和空调系统中的管道，空气的流动处于紊流状态，主要是在紊流过度区。其摩擦阻力系数取决于雷诺数和管道内表面的相对粗糙度。圆管道的摩擦阻力系数可按下式计算：

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{K}{3.71D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

式中 K —— 管道内表面的平均绝对粗糙度 (m)；

Re —— 雷诺数；

$$\text{Re} = \frac{vD}{\nu}$$

ν —— 管道内的流体即空气的运动粘度 (m^2/s)。

从式中可以看出，当所设计的管道的断面尺寸和输送的空气温度确定后，摩擦阻力系数取决于管道内空气的流速和管道内表面的相对粗糙度。

该公式是通过大量的工业管道实验后归结出的使用于工业管道的半经验公式。它不仅适用于紊流过渡区，而且也可以用于整个紊流的 3 个阻力区，即光滑区、过度区和粗糙区。该公式也可用于非圆形管道，式中的 D 代表管道的当量直径。实验表明，对矩形、方形和三角形断面，使用当量直径原理，所获得的实验数据结果和圆管是很接近的。但对长缝行和星形截面，其差别就较大。对于矩形管道，流速当量直径可按下式计算：

$$D = \frac{2ab}{a+b}$$

摩擦阻力系数可按下式计算：

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{K}{3.71 \frac{2ab}{a+b}} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

第二章 通风机选型方法

在工程设计或实际应用中，合理地选择风机是一项非常重要的工作。风机一但选定，它将在生产和生活中运行若干年，选型合理会给用户的使用带来方便和效益。

选用风机时，首先要根据性能参数、用途、工艺要求、使用场合等，选择风机的种类、机型以及结构材质等以符合所需的工作条件，力求使风机的额定流量和额定压力，尽量接近工艺要求的流量和压力，从而使风机运行时使用工况点接近风机特性的高效区，否则，会造成事故和能源的浪费。

本章将着重介绍风机的选用原则和实际应用中的选型方法。

2-1 通风机的选用原则

2-1-1 不同用途通风机的特点

通风机的应用遍及国民经济各个领域。按照通风机各自的用途和所处理气体的种类以及流量、压力的不同，其应用形式各有差异。下表汇总了主要用途通风机的种类及其特点。

不同用途通风机的特点

用 途	名 称	型 式	输送气体	特 点
炼钢、炼铁用	化铁炉用通风机	离心	空气	此种风机要求在高压、小流量范围内具有效率高、噪声低、性能曲线平坦、高效区宽、安全运行流量范围大的特点。由于压力高，叶轮圆周速度大，设计时要有足够的强度。
	烧结炉冷却通风机	轴流离心	空气	在通风时，采用效率高的轴流式为较好，但噪声较大。在引风时，由于磨损严重，可采用具有耐磨结构的工作轮。
工业锅炉配套用	通风机引风机	离心	空气 烟气	通风机输送的介质为空气，最高温度不得超过 80℃。引风机输送的介质为烟气，最高温度不得超过 250℃，一般采用水冷轴承，用耐磨材料制造叶轮和壳体。 引风机前必须加装除尘装置，除尘效率应达到国家规定的排放标准。 通、引风机进口调节流量可装导流器，也可采用电磁调速电机和双速电机，以适应锅炉运行负荷变化，且节能效果明显。
矿山、隧道用	矿井主通风机	轴流离心	矿井内气体	对于大流量，选轴流式通风机较好。采用动叶可调或进口导叶调节流量，可提高运行效率。一般轴流式主通风机应配备有返风装置，返风量应符合国家规定标准，离心式通风机应配返风道。
	矿井局部通风机	轴流离心	矿井内气体	矿井内局部通风用。随着开采深度的增加，要求体积小、重量轻、可经常移动。一般采用防爆轴流电动机。
	隧道通风机	轴流	空气	根据隧道内烟尘的浓度可自动运转。采用动叶可调式可提高运行效率，并能够在发生火灾时返风。
消防排烟	消防排烟通风机	轴流离心	烟气	具有良好的耐高温性能，烟气温度小于 150℃时可长时间运行，温度在 300℃时可连续运行 40 分钟。可配用双速电机，以达到平时排风、消防时排烟的作用。
水泥窑用	水泥窑尾引风机	离心	排气	抽吸高温排气，应注意耐热强度。如燃料为煤炭，须注意磨损问题。因功率消耗大，可采用高效风机。
热电站锅炉配套用	引风机	离心轴流 子午加速	锅炉烟气	燃烧重油时，需注意由排气中硫的成分所造成的腐蚀；燃烧煤炭时，须注意由灰尘所致的磨损。引风机前必须加除尘装置并应使用高效风机
	鼓风机	离心轴流	空气	在离心式风机中，选用机翼型叶片，采用进口导叶调节方式，大型机组可选用动叶可调轴流式。在鼓风中，因压力高、噪声大，须加消声装置。
	煤粉通风机	离心	煤粉	煤粉通风机根据用途不同可分为两种：一种是储仓式煤粉通风机，它是将储仓内的煤粉由其侧面吹到炉膛内，煤粉不直接通过风机，要求通风机的排气压力高；另一种是直吹式煤粉通风机，它直接把煤粉送给炉膛。由于煤粉对叶轮及壳体磨损严重，故采用耐磨材料
	烟气循环通风机	离心	锅炉排气	由于抽吸高温的锅炉排气，因此要求一定的耐热强度和结构。
	排烟脱硫通风机	离心	锅炉排气	一般装于脱硫装置的前面。如果装于脱硫装置后面时，抽吸的往往是腐蚀性气体，故采用耐蚀材料。
	原子能发电炉用通风机	离心轴流		为了使原子能发电炉安全运转，特别将重点放在质量管理上。通风机要保证安全可靠。



不同用途通风机的特点

用 途	名 称	型 式	输送气体	特 点
空调用	冷却塔用通风机	轴流	空气	压力低，风量大。因风机装在冷却塔的顶部和侧面，适于使用质量轻的轴流通风机。用于抽吸时吸入湿空气，应注意耐蚀性。
	纺织空调用通风机	轴流离心	空气	要求通风机运行安全，维护保养简单；当输送原棉或含纤维杂质空气时，要求通风机必须有防缠绕纤维、防堵塞、防产生火花而引起火警的特性；由于纺织空调、除尘风机风量较大。耗电量较多，所以要求通风机运行效率高，耗电少节能，同时要求通风机的噪声小，以免对环境引起再污染。
	屋顶通风机	轴流离心 紊流	空气	装在建筑物的屋顶上，采用质轻且不受雨侵袭的结构，要求低噪声。使用条件不同，可分为排气型、送气型、耐高温型、防爆防腐型、防水汽型等。
	一般空调用通风机	离心 轴流	空气	在通风及空调用途中，各种风机可单独或组装于其他机器上使用。一般为低压式，采用多翼式或横流式的紧凑结构。工业通风多用轴流式结构。
工业炉用	循环通风机	离心 轴流		各种工业用炉中，为确保炉内温度均匀，可采用循环通风机。接触热风的叶轮按耐高温、蠕变的要求，用加钼或高镍材料，并要求用绝热材料隔热，或采用空心轴通冷却水冷却轴承。一般选用无机壳结构。
风洞用	风洞	轴流 离心	空气	在航空、汽车、建筑及气象等部门作试验研究用。除航空外多为低速风洞，多用轴流式。在风机设计上要尽量控制紊流产生，也要注意轴系振动。建筑用一般采用离心式。风机要求调节范围宽。
物料输送	抽吸通风机	离心	混合空气	输送物料直接通过通风机内时，因附着、磨损严重，可选用径向型叶片，无前盘且叶片可更换的叶轮结构。
	压送通风机	离心	空气	输送物料不直接通过通风机内，因此无磨损。输送距离长时，须用高压风机。
船舶用	鼓风用通风机	离心 轴流	空气	要求小型、质轻、抗摇摆、抗振动、抗冲击且节能。采用机翼型叶片，进口导叶调节方式。大容量风机中，应采用调速电机。
	各种通风换气用通风机	轴流 离心	空气 腐蚀性 气体	可输送空气、含有盐雾的海洋空气和含有油雾、蓄电池自然蒸发形成的少量酸蒸气等腐蚀性空气。通风机适用于船舶上各种舱室的通风换气，锅炉通风等。要求防腐性、气密性好，噪声低。为防止腐蚀，可进行镀锌处理。为便于检修和更换零部件，机壳应可开启

2-1-2 通风机的选用原则

1. 在选择通风机前，应了解国内通风机的生产和产品质量情况，如生产的通风机品种、规格和各种产品的特殊用途，以及部优、国优产品、淘汰或将要淘汰产品、新产品的发展和推广情况等，还应充分考虑环保的要求，以便择优选用风机。

2. 根据通风机输送气体的物理、化学性质的不同，选择不同用途的通风机。如输送有爆炸和易燃气体的应选防爆通风机；排尘或输送煤粉的应选择排尘或煤粉通风机；输送有腐蚀性气体的应选择防腐通风机；在高温场合下工作或输送高温气体的应选择高温通风机等。

3. 在通风机选择性能图表上查的有两种以上通风机可以选择时，应优先选择效率较高、机号较小、调节范围较大的一种，当然还应加以比较，权衡利弊而决定。

4. 如果选定的风机直径较原有风机的叶轮直径偏大很多时，为了利用原有的电动机轴、轴承及支座等，必须对电动机启动时间、风机原有部件的强度及轴的临界转速等进行核算。

5. 选择离心式通风机时，当其配用的电机功率小于或等于 75kW 时，可不装设仅为启动用的

阀门。当排送高温烟气或空气而选择离心锅炉引风机时，应设启动用的阀门，以防冷态运转时造成过载。

6. 对有消声要求的通风系统，应首先选择效率高、叶轮圆周速度低的通风机，且使其在最高效率点工作；还应根据通风系统产生的噪声和振动的传播方式，采取相应的消声和减振措施。通风机和电动机的减振措施，一般可采用减振基础，如弹簧减振器或橡胶减振器等。

7. 在选择通风机时，应尽量避免采用通风机并联或串联工作。当不可避免时，应选择同型号、同性能的通风机联合工作。当采取串联时，第一级通风机到第二级通风机之间应有一定的管路联结。

8. 所选用的新风机应考虑充分利用原有设备、适合现场制作安装及安全运行等问题。

2-2 通风机的选型方法

2-2-1 选型前的准备

1. 确定流程所需要的流量和压力。最好在系统额定负荷时进行实际测定，如属新建，可用理论计算的方法求得，或借鉴同类或相近系统的实际运行数值为依据，计算数据与实际运行值相差不应超过 10%，在这样范围内，风机可以获得在高效区工作，另外还需掌握系统可能使用的最大值和最小值，以便调节。

2. 介质温度应选用平时运行中的最高温度、在选用前必须经过实际测量或查以往运行记录。

3. 对原有送、引风机叶轮外径进行实测，（可测备品）或进一步核对图纸。

4. 如果仍利用原有电动机时，应查对原有电动机的转速和容量。

5. 在实测原有风机的流量、压力时，应测定原有风机的运行效率，以便作经济比较。

6. 根据原有风机历年来的运行情况和存在问题，对以上原始数值进行分析和多方面分析考核，最后确定风机的设计参数，以避免采用新型风机时所选用的流量、压力不能满足实际运行的需要。但也要防止过大的富裕量，以致使风机长期处在不经济的低效率区运行，F 表给出风量风压富裕量的选取范围。

风量风压富裕量的选取范围

	漏 风 量	管网阻力附加量
一般送排风系统	0% ~ 10%	10% ~ 15%
除尘系统	10% ~ 15%	15% ~ 20%
锅炉鼓引风系统	5% ~ 10%	10% ~ 15%

2-2-2 通风机的选型方法

1. 按无因次特性曲线选型

离心通风机的无因次特性曲线，通常是以输送在标准状态下空气，即以空气的密度 $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 为条件制作的。因此在选型前，应按下式进行特性参数换算：

$$q_{v0} = q_v \quad p_{tF0} = p_{tF} \frac{\rho_0}{\rho}$$

式中，有注脚 0 为标准状态，无注脚 0 为使用状态。

按无因次特性参数选型，首先要确定所需风机的比转速：

$$n_s = 5.54n \frac{q_{v0}^{\frac{1}{2}}}{(K_{pt} p_{tF0})^{\frac{3}{4}}}$$



式中 n 为所需风机的转速。

由此可见，欲确定所需风机的比转速，必须首先选定风机的转速。这个转速可根据用户的习惯和需要初步选定。选定的原则是，所选用的风机几何尺寸不要太大，叶轮的圆周速度不要太高，如果选定的转速不合适，可以调整后重新选型。

计算出比转速以后，查找各种类型的离心通风机的无因次特性曲线，尽可能多的找出与计算的比转速相近的，并且效率较高的风机，再进一步找出各类型风机在该比转速下的无因次特性参数 φ 、 ψ 、 λ 、 η ，然后根据风量，风压计算出所需风机的叶轮直径。

按流量要求所需的风机叶轮直径：

$$D_2(q) = \left(\frac{24.32 q_{v0}}{n \varphi} \right)^{\frac{1}{3}}$$

按压力要求所需的风机叶轮直径 (m)：

$$D_2(p) = \frac{27}{n} \left(\frac{p_{tF0}}{\rho \psi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

按流量、压力计算出的叶轮直径应十分接近。

确定了风机叶轮以后，还要进一步核算风机是否能达到所要求的流量、压力。根据计算结果，可能同时有几种风机满足需要，这就要进行比较，择优选用。

值得注意的是：离心通风机的空气动力学略图或无因次特性曲线，一般都是按不带进气箱的单吸入结构式制作的。如果用户需要做成双吸入结构型式时，则应以风量的 1/2 代入进行初步计算，而风机所需的轴功率则为计算功率的 2 倍。同时，由于双吸入结构一般带进气箱，致使风机效率略有降低，因此功率还要增大些。

2-3 典型通风机实用选型

2-3-1 锅炉离心通、引风机

例 G4-73、Y4-73 锅炉离心通、引风机

用途

G4-73、Y4-73 型锅炉通、引风机适用于火力发电厂中 670t/h 以下蒸汽锅炉的通、引风机系统。在无其他特殊要求时，G4-73 亦可用于矿井通风及一般通风。

通风机输送的介质为空气，最高温度不得超过 80℃；引风机输送的介质为烟气，最高温度不得超过 250℃，特殊工况可单独设计。

在引风机前，必须加装除尘装置，以尽可能减少进入风机中烟气的含尘量。根据一般电厂使用情况，除尘效率不得低于 85%。

形式

1. 通风机与引风机制成单吸入，各有 NO. 8 ~ 28 共 12 个机号。
2. 从电动机一端正视，叶轮顺时针旋转称为右旋风机，以“右”表示；叶轮逆时针旋转称为左旋风机，以“左”表示。

3. 风机以出风口位置，以机壳的出风口角度表示。

4. 风机传动方式一般为 D 式，均采用弹性联轴器传动。

结构特点

风机主要由叶轮、机壳、进风口、调节门及传动部分组成。

1. 叶轮由 12 片后顷机翼斜切的叶片焊接于锥弧形的前盘与平板形的后盘中间。由于采用了

机翼形叶片，保证了风机高效率、低噪声、高强度。叶轮经静、动平衡校正，故运转平稳。同一机号的通、引风机叶轮结构相同。

2. 机壳是用普通的钢板焊接而成的蜗形体。单吸入风机的机壳做成三种不同形式（NO. 8 ~ 12 机壳做成整体结构，不能拆开，NO. 14 ~ 16 机壳做成两开式，NO. 18 ~ 28 机壳做成三开式）。对引风机、蜗形板做了适当加厚以防磨。

3. 收敛、流线形的进风口制成整体结构，用螺栓固定在风机入口侧。

4. 用来调节风机流量的装置，轴向安装在进风口前面。调节范围由 0° （全开）到 90° （全闭）。调节门的扳把位置，从进风口方向看在右侧，对右旋风机扳把由下往上推是由全闭到全开方向，对左旋风机，扳把由上往下拉是由全闭到全开方向。

5. 传动部分的主轴由优质钢制成，本风机均采用滚动轴承。轴承箱有两种形式：NO. 8 ~ 16 用整体的筒式轴承箱；NO. 18 ~ 28 用二个独立的枕式轴承箱。轴承箱上装有温度计和油位指示器（仅引风机）。润滑油采用全损耗系统用油 L-AN46，加入油量按油位标志的要求。NO. 8 ~ 16 整体筒式轴承箱如采用润滑脂时，在轴承箱内滚珠一侧应加挡油板，其固定槽已预制。引风机备有水冷却装置，因此，须加装输水管，耗水量随气温不同而异，一般按 $0.5 \sim 1\text{m}^3/\text{h}$ 考虑。

6. 风机在出厂前轴承箱内无润滑油，用户在使用前自行加注，水冷式轴承座在底部设有放水孔，寒冷专区设备不使用时请放尽冷却水，以免冻裂轴承箱。

性能参数与曲线

单独提供

2-3-2 高温离心风机

例 W6-29、W6-39 系列高温风机

用途

W6-29、W6-39 系列高温风机是为在恶劣的工作条件下持续运行，输送高温含尘气体而设计、制造的。该风机设计先进、制造精良、结构合理、性能稳定、运转可靠，主要用于我国建材行业 $50000 \sim 40000\text{t}/\text{年}$ 水泥生产线，亦可用于工况类似的其他场合。

形式

W6-29 和 W6-39 型高温风机的传动方式主要是 F 传动。风机可制成顺时针和逆时针旋转。其结构有单吸和双吸之分。风机主要由叶轮、机壳和进风室、主轴、轴承箱、差动导叶调节装置、轴端密封和散热轮、润滑油系统等组成，并根据不同的要求配有慢转装置、进出口膨胀节、液力偶合器、振动检测仪、超温报警控制装置以及主电动机。

结构特点

1. 叶轮：该风机叶轮为“后弯叶片型”叶轮，由高强度耐热合金钢制成的中盘和锥形前盘及叶片、防磨板等组焊接而成。

2. 机壳和进风室：该风机机壳和进风室采用低合金高强度钢，并用一块公用侧板联成一体制成剖分式，在方便的位置设置有检修门。

3. 主轴：风机的主轴采用铬钼钒合金结构钢锻件制作而成，并经过严格的超声波探伤检查。

4. 轴承箱：风机采用特殊的调心滚子轴承，轴承装于铸铁轴承箱内，其润滑方式采用“油环一循环油”复合润滑。在轴承箱下部侧面设置有油位指示器，以便观察轴承箱内油池的油位。

5. 差动导叶调节装置：差动导叶调节装置设在风机进风室前，由导叶、轴承座、壳体以及连杆组成。差动导叶调节装置由电动执行器操作和控制，并可对风量进行微量调节。

6. 轴端密封和散热轮：轴端密封又耐热石棉制品经钢板加固后制成，且为浮动形式。剖分式结构的散热轮安装在进风室与轴承箱之间，以减少来自风机的辐射热对轴承的影响。

7. 润滑油系统：风机轴承的润滑采用独立的稀油站向其提供循环油润滑，当发生意外停电及



油系统油泵出故障时，在短时间内可依靠轴承箱自身的油环带油润滑。

8. 慢转装置：风机慢转装置主要由电磁离合器、行星齿轮减速器、减速电动机、内啮合齿轮联轴器组成，当风机在高温状态停机时，以 60r/min 的转速继续带动风机转动。

9. 进出口膨胀节：风机的进出口膨胀节是一种复合膨胀节，其波纹管采用不锈钢耐热材料制成，并能有效地吸收机壳的热膨胀变形。

10. 液力偶合器：液力偶合器不但是传递功率的重要设备，并可以实现无级调速来改变风机的特性曲线以及电动机的空载启动。

11. 振动检测仪：在风纪轴承座上的水平方向和垂直方向分别设有振动检测探头，以便随时检测风机每个轴承的振动情况，并可自动报警和停车。

12. 超温报警控制装置及主电动机：当风机工作温度超过了设计允许使用最高温度的极限时，超温报警控制装置则发出报警信号及停车信号。高温风机所配电动机是根据风机最低使用温度下的参数而定的，因此，如风机参数有变化，必须严格校核电动机功率。

13. 风机在出厂前轴承箱内无润滑油，用户在使用前自行加注，水冷式轴承座在底部设有放水孔，寒冷专区设备不使用时请放尽冷却水，以免冻裂轴承箱。

性能参数与曲线

单独提供

2-3-3 高压离心通风机

例 9-19、9-26 型高压离心通风机

用途

9-19、9-26 型离心通风机，一般用于锻冶炉及高压强制通风，并可广泛用于输送物料、输送空气于无腐蚀性不自然、不含粘性物质之气体。介质温度一般不超过 50℃（最高不超过 80℃），介质中所含尘土及硬质颗粒不大于 150mg/m³，特殊工况可单独设计。

形式

本通风机为单吸入式，有 NO. 4、4.5、5、5.6、7.1、8、9、10、11.2、12.5、14、16 共 13 个机号。通风机可制成右旋和左旋两种型式。从电动机一端正视，如叶轮顺时针旋转称右旋风机，以“右”表示，逆时针旋转称左旋风机，以“左”表示。

风机的出口位置以机壳的出口角度表示。“左”、“右”均可制成 0°、45°、90°、135°、180°、225° 共 6 种角度。

风机的传动方式为 A 式（NO. 4 ~ 6.3）和 D 式（NO. 7.1 ~ 16）两种。

结构特点

NO. 4 ~ 6.3A 主要由叶轮、机壳、进风口、支架等组成；NO. 7.1 ~ 16D 主要由叶轮、机壳、进风口、传动组等组成。

1. 叶轮：9-19 型风机叶片为 12 片，9-26 型风机叶片为 16 片。均属前向弯曲叶型。叶轮扩压器外缘最高圆周速度不超过 140m/s。叶轮成型后经静、动平衡校正，故运转平稳。

2. 机壳：用普通钢板焊接成蜗形壳整体。

3. 进风口：做成收敛式流线型的整体结构，用螺栓固定在前盖板组上。

4. 传动组：由主轴、轴承箱、联轴器等组成。主轴由优质钢制成。轴承箱整体结构，采用球轴承，用轴承润滑脂（油）润滑。

5. 风机在出厂前轴承箱无润滑油，用户在使用前自行加注，水冷式轴承座在底部设有放水孔，寒冷专区设备不使用时请放尽冷却水，以免冻裂轴承箱。

性能参数与曲线

单独提供

2-3-4 耐磨离心风机

例 M5-48 型耐磨风机

用途

M5-48 耐磨风机常用于水泥生产线，中小型火力发电厂等。该风机设计先进、制造精良、结构合理、耐磨损、性能稳定、运转可靠。也可用于输送物料、空气及无腐蚀性、不自然、不含粘性物质的气体，一般介质最高温度不得超过 80℃，特殊工况可单独设计。

形式

本系列耐磨风机由 NO. 14 ~ 25 等 6 个机号组成，一般采用 D 式传动方式，风机出口角度有 0°、45°、90°、135°、180°、225° 等 6 种角度。特殊出口角度可在订货时协调解决。

结构特点

机壳：机壳由两部分组成，拆开后向上小出转子，便于检修。蜗壳板部分采用 16Mn 钢板，提高了耐磨性能，其余部分采用普通钢板焊接而成。

进风口：制成收敛式流线形的整体结构，用螺栓固定在前盖板上。

传动组：由主轴、轴承箱、联轴器等部件组成。主轴采用优质碳素钢制成，采用滚动轴承与水冷轴承箱，需加装输水管，耗水量因环境温度的不同而异。一般按 0.5 ~ 1m³/h 考虑，水 0.37MPa，轴承箱上装有温度计和油位指示器，润滑油采用普通润滑油，风机在出厂前轴承箱无润滑油，用户在使用前自行加注，水冷式轴承座在底部设有放水孔，寒冷专区设备不使用时请放尽冷却水，以免冻裂轴承箱。

叶轮：风机叶轮的轮盖、轮盘、叶片均采用 16Mn 钢板，并在叶片及轮盘上进行耐磨处理，常用处理方法有：

① 堆焊：在易磨损部位堆（喷）焊碳化钨、钴基合金和碳化硼、碳化矽等耐磨层。

② 加耐磨板：在叶轮受磨料冲击严重的区域和叶片与中（后）盘之间焊缝处增加耐磨衬板，有效保护焊缝，提高耐磨性。

③ 加耐磨陶瓷：粘贴工业陶瓷片增强叶片的耐磨性能，由于陶瓷特有的物理特性，耐磨而不耐冲击和磕碰，故叶轮移动及现场安装过程中应注意以下事项：

首先，请验收旋向、陶瓷粘贴位置是否因运输磕碰引起陶瓷脱落或起层。

1. 叶轮在移动过程中，避免直立滚动移动，防止叶轮倒地后把陶瓷耐磨层震掉。同时装卸时，应注意叉车等对叶轮的冲击和震荡。

2. 在安装叶轮时，钢丝绳应绕在前盘、后盘、轴盘或吊装环（安装后去除吊装环打磨平整）上，而不应缠绕在叶片上，尤其是严禁钢丝绳勒在叶片进气边端部时吊起叶轮。

3. 安装过程中，热装时叶轮加热时陶瓷区域的温度不能超过 200 度，以避免胶层因温度过高导致老化影响使用寿命。温度过高时可以采取相应的降温措施：用布条或毛巾蘸水后平铺在叶片进口部位。如果因温度过高，导致陶瓷胶层老化，则必须检查胶层受影响的区域，清除掉受影响的区域，重新粘贴陶瓷后再可以使用。使用轴键安装时应采用千斤顶矫正叶轮位置，尽量避免直接打击叶轮及轮毂。

4. 安装过程中叶轮的耐磨层切忌被钢管、扳手、铁器等硬物击打和碰撞，以免耐磨层震落或击碎。

具体防护措施我们需根据用户需求和风机运行环境在保证质量的前提下，提供给用户最经济的处理方案。

性能参数与曲线

单独提供



第三章 通风机的安装、运转与维护

3-1 安装前须知

保证安装质量，提高工作效率，需做好安装前的准备工作。

1. 熟悉安装对象的设计图案、资料、说明书等设计文件。包括：熟悉通风机本体的安装图样，掌握通风机的结构特征；熟悉通风机工作的通风系统图样，熟知通风机在系统中的工作状况和作用；熟悉通风机基础验收规范及其施工情况，按设计图样查对通风机的规格、型式、叶轮的旋转方向、配用原动机的动力要求、地脚螺栓孔中心距、进出风口法兰孔径和方位及中心距，轴的中心标高是否符合设计要求。

2. 安装箱单清点通风机的附件、配件、零件的规格、数量，然后进行外观检查，如外壳是否有锈蚀、凹陷伤损、转子是否有变形和碰伤等。

3. 对检查出的问题，包括设计、设备、施工等问题，应立即提交有关部门解决，否则不能进行安装工作。

4. 检查清单，应由专人负责保管，小型零件用原箱钉好保管，通风机、电动机应设防雨棚，产品底部设垫木，严防产品露天放置，或沉陷在泥水中。

5. 注意，以上工作应与负责设备供应主管部门共同进行，并做好检查核对详细记录。

3-2 对风机安装基础的要求

1. 满足风机在安装、使用与维修方面的方便，基础上半部的外形和尺寸（如沟、坑、洞与螺栓等）应按生产厂所提供的安装图设计。

2. 基础应具有足够的强度、稳定性和耐久性。

3. 在静力作用下，沉降和倾斜应在允许范围之内以保证机器正常使用。

4. 基础的振动应在允许范围内，以保证风机正常工作和操作者的正常工作条件。对附近的机器和仪表的不利影响，应采用合适隔振措施。基础的振动应满足下列规定：

① 基础装置的自振频率不得大于电动机和风机转速的 0.3 倍。

② 风机运转时的振动速度与风机静止时的振动速度的差须大于 3 倍以上，当差数小于此值时风机采取避免外界影响措施。

5. 构架式或墙式基础都采用钢筋混凝土，混凝土标号为 150 号和 200 号，按内力大小通过计算配置钢筋，或按土建规范配置构造钢筋。

6. 风机和其动力的支座边缘到基础侧面的净距一般不小于 100mm。基础图样上应标明二次浇灌的找平层或灌浆层的位置和尺寸，其厚度不小于 25mm。

7. 地脚螺栓的形式和大小尺寸及安装位置按安装图采用。其埋入混凝土内的最小深度按实际受力大小确定；如无法确定其受力大小时，可按螺栓拔断而不拔出

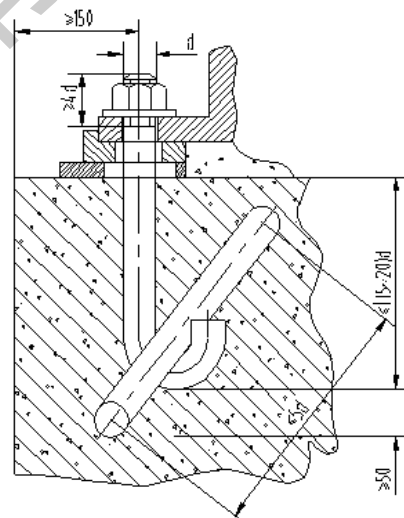
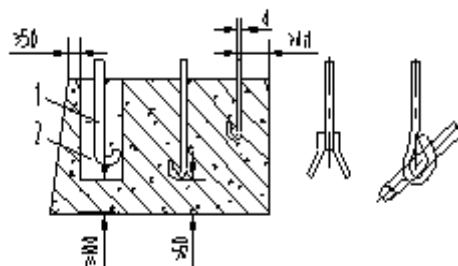


图 3-1 地脚螺栓直接埋置位置尺寸



1—螺栓 2—螺栓预留孔
3-2 基础与地脚螺栓的位置及螺栓形式

的原则考虑。

8. 地脚螺栓的形式、埋置深度和基础边缘距离可根据风机本身安装要求确定，也可参考图 3-1 和图 3-2 选用。

9. 设计基础本身质量和基础埋置深度应根据安装对象要求确定，以设备开车使用其扰力不迫至基础撼动为原则。风机是有规律运动的匀速旋转机械，动力源小于 150kW 时其每 0.746kW 的基础重为 0.12 ~ 0.4t；大于 150kW 时为 0.075 ~ 0.12t。也可按 JB/TQ334-87 通风机振动精度的规定：被测风机须装在大于 10 倍风机质量的底座或试车台上

10. 机器基础的允许振动量有 3 种表达方式，即振幅、振动速度和振动加速度。按各行业的基础标准锻锤采用振幅和振动加速度作为允许值；而破碎机和电动机则采用振幅为允许值；压缩机和通风机在低转速时以振幅控制，中高转速时，则以振动速度为控制标准。

11. 基础的高度满足构造要求，即保证螺栓埋设件底部有足够混凝土保护层，坑底有一定厚度（保证强度）的条件下，应尽可能薄一些，这对于有水平扰力的压缩机和通风机基础可以减少扰力矩，使水平摇摆耦合振动产生的振幅降低。其基本要求见图 4-1 和图 4-2。

12. 基础应按构造要求配置钢筋。为了防止温度和收缩应力，不均匀沉降或振动所引起的裂纹，基础要求配置钢筋，一般配直径 $\Phi 10 \sim 16\text{mm}$ 的钢筋，间距为 200 ~ 400mm。对于体积小于 40m^3 的大块式基础也可不配构造筋，但开孔或切口尺寸大于 600mm 时，应沿孔或切口周围局部配肋，对于底板或基础周边可以结合具体情况适当配筋。对于体积大于 40 的大块式基础除按上述配置钢筋外，还应沿周边配置钢筋。墙式基础的墙应配器钢筋网，其垂直钢筋的直径宜大于水平钢筋，顶板、梁、水平框架的配置筋按计算配置，并符合构造要求，连接处适当增加钢筋，地脚螺栓孔四周也要配置钢筋，详见现行《动力机器基础设计规范》。

3-3 机组安装

1. 清扫基础混凝土表面，按表 3-1 检查基础是否合乎精度要求。

2. 将通风机底座放到基础上，在基础表面和底座底面之间插上垫铁，通过调整垫铁的厚度，使安装的设备达到设计水平度和标高；增加设备的稳定性和便于二次灌浆。注意垫铁要放置在地脚螺栓的两侧，若只垫螺栓一侧，则应按地脚螺栓的直径选用大一号的垫铁。所有垫铁应与地脚螺栓中心相距 $(1 \sim 2)d$ 的距离，见图 3-3。

表 3-1 通风机基础允许偏差

项次	偏差名称	差位值 /mm	项次	偏差名称	差位值 /mm
1	基础坐标位置（纵、横中心线）	± 20	6	中心距（在根、顶部两侧测量）	± 2
2	基础各不同平面的标高	$+0, -20$	7	预留的地脚螺栓孔：	
3	基础土平面外形尺寸	± 20		中心位置	± 10
	凸台平面外形尺寸	-20		深度	$\pm 20, 0$
	凹穴尺寸	$+20$		孔壁的铅垂直度	10
4	基础平面不水平度（全长）	10	8	预埋地脚螺栓的埋设件：	
5	基础竖向偏差	20		标高	
6	预埋的地脚螺栓：			中心位置	± 5
	标高（顶端）	$+20, 0$		不水平度	5

垫铁的面积、组数和放置方法、垫铁尺寸，应根据设备的质量和设备底座面积大小而定。如图 3-4、表 3-2、表 3-3 所示。

斜垫铁必须成对使用。垫铁的表面必须平整，每组垫铁数一般不超过 3 ~ 4 块，厚垫铁放在下层，而最薄的应夹在中间。以免产生翘曲变形，同一组垫铁放置必须整齐。设备调整好水平和方位，再将每组垫铁焊接固定好。在调整水平过程中应结合地脚螺栓同时进行。



3. 地脚螺栓埋入基础上的预留孔，复校其方位精度是否准确，然后将机身底座和基础混凝土间的间隙灌入足够的灰浆，以形成混凝土结构件。地脚螺栓的预留孔的孔口大小，按螺栓直径而定。对直径为 12 ~ 16mm 的螺栓，预留孔的口子应为 120mm×120mm，相应的孔底是 140mm×140mm；对直径为 20 ~ 30mm 的螺栓，预留孔的口子应为 150mm×150mm，相应的孔底是 170mm×170mm；对直径大于 30mm 的地脚螺栓，预留孔的口子是 180mm×180mm，其相应孔底是 200mm×200mm。以上两种的孔深由螺栓长度规范决定。孔的纵切面梯形即可。

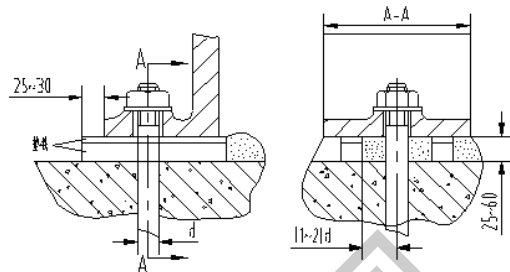


图 3-3 垫铁与地脚螺栓的相对方位

4. 灰浆的配方比，多用 400 号水泥配 1 比 2 到 3 的砂，应特别注意收缩性、龟裂以及施工有关规范。待灰浆充分硬化后，才能拧紧地脚螺栓的螺母。

表 3-2 平垫铁的尺寸

	L	M	H	使用 说明
	110	70	3、6、9、12、15、25、40	5t 以下的机器及设备，20 ~ 35mm 直径的地脚螺栓
	135	80	3、6、9、12、15、25、40	5t 以下的机器及设备，35 ~ 50mm 直径的地脚螺栓
	150	100	25、40	5t 以下的机器及设备，35 ~ 50mm 直径的地脚螺栓

表 3-3 斜垫铁的尺寸

	L	W	H	B	A	使用 说明
	100	60	13	5	5	5t 以上的机器、设备，20 ~ 30mm 直径的地脚螺栓
	120	75	15	6	10	5t 以上的机器、设备，30 ~ 50mm 直径的地脚螺栓

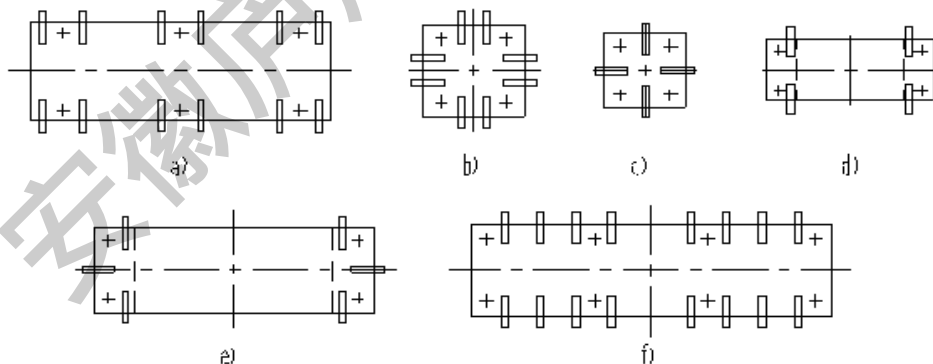


图 3-4 垫铁的放置方法

a) 标准垫法 b) 井字垫法 c) 十字垫法 d) 单侧垫法 e) 三角垫法 f) 辅助垫法

5. 在大型通风机中，机壳与底座是分开的，机壳本身也往往分成几部分。此时，应先将机体底座、轴承座按上述方法安装后，按下机壳、转子、上机壳的顺序，边调整定子和转子间的间隙边组装。组装前，应搞清重要部位是否有毛刺、卷边、变形等，组装时注意不要弄脏、不撞击研合面，精心施工。

6. 安装建筑设施用通风机时，应将通风机安装于带防振橡胶或防振弹簧等的防振材料上。防振材料应以通风机整机的重心位置为中心进行布置。采用防振材料虽可防止基础上的振动，但通

风机本身的振动却略有增加。为此，通风机与管路的连接，应采用帆布或橡胶制成的挠性接头。

7. 通风机安装于楼板、平台时，应做好如下工作。

① 直接设置通风机的楼板或平台，应采用现浇钢筋混凝土板，板厚不宜小于 80mm，不宜采用冷轧钢筋。

② 厂房梁的跨度不宜大于 6m。

③ 通风机所生产的水平惯性力应作用在结构刚度较强的方向上。

④ 不应该把抗力大于 3000N 的通风机直接安装在楼板上，应由梁来支承。

⑤ 要求干扰频率与楼板自振频率不小于 30%，以避免产生共振而增加楼层结构振动。

⑥ 楼板、平台严禁采用悬臂结构。

8. 离心通风机的安装程序和形式

大、中型通风机轴和电机轴是分开的，安装时一般可按下列程序进行（以图 3-5 右图为例）：

a. 把机壳、轴承座吊放在基础上，穿上地脚螺栓，摆正机壳，暂不固定。

b. 将叶轮穿入机壳，装好接口侧盖板，再将电动机吊放在基础上。

c. 安装调整带轮。用吊线法调整带轮较简便。将铅锤线挂在轮外侧，如图 3-6 所示，在轮外侧的正上方选定一点，用塞尺测量此点与铅锤线之间的间隙 α ，在将轮转为 180° ，将此点位于正下方，再用塞尺测量此点与锤线间的间隙 α_1 ，使 α 等于 α_1 。

d. 轴承座的校正校平。校正可用大平尺按中心线量取平行线进行检查，偏斜可用撬杠拨正；校平用水平仪进行，把水平仪放在主轴上或带轮上检查，使轴承座的纵向不水平度不应超过 $0.1/1000$ ；把水平仪放在主轴上或带轮上检查，使轴承座的横向不水平度不超过 $0.2/1000$ 。因为轴承座要充当机壳、电动机的校正校平标准，所以轴承座的轴心不能低于机壳中心，联轴器的轴心不能低于电动机中心。轴承座校正校平以后，最好先灌浆进行固定。

e. 通风机叶轮按联轴器校正中心，机壳即以叶轮为标准进行校正。要求机壳的壁面和叶轮后盘或中盘平面平行，平行精度按图样设计要求进行，机壳轴孔中心和叶轮中心重合。

3-4 安装或检修带式传动的风机及对装配带轮的基本要求。

1. 电动机轴和风机轴必须严格的平行，不许带轮有歪斜和摆动；倾斜度不超过 $0.2/1000$ 。

2. 当两带轮宽度相同时，它们的端面应该位于同一平面上；若是不同宽度的两带轮，则两带轮的垂直轴中心线的中间平面应该重合。

3. 注意带旋转的合理方向，带的紧边在下，松边在上。这样旋转，可以增大松边带与槽轮的接触面，保证其接触表面有足够的摩擦力。这样便可获得较高的传动效率、延长带使用寿命。

4. 全部表面都加工的带轮可不作平衡试验，否则应按 JB/TQ337—84 通风机转子平衡要求进行。

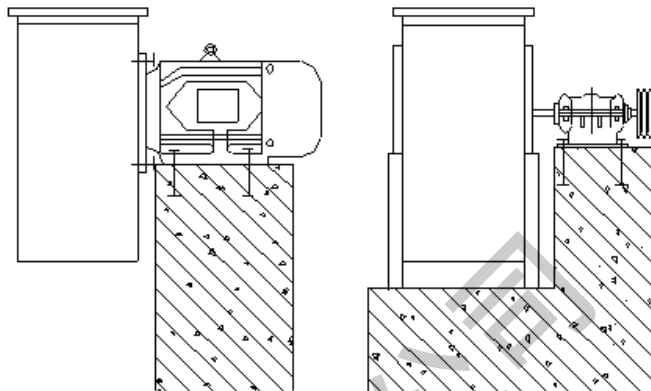


图 3-5 通风机安装基础示意图
左：小型通风机；右：大、中型通风机

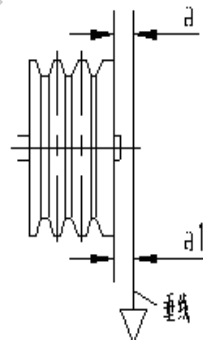


图 3-6 调整带轮的吊线锤法线之间的距离。
 a —带轮上一点与垂线之间的距离。
 a_1 —带轮上一点转动 180° 后与垂线间距离



5. 带轮与轴是过盈配合, 装配时需沿轴中心线方向加压力, 加压之前在孔和轴表面须加润滑油。应注意, 在过盈配合中, 包容面和被包容面的材质不同(如不锈钢), 应使用不同的清洗剂和润滑剂, 同时也应选用不同的过盈公差等级压入, 这样才能保证装配质量。

3-5 安装或检修风机、清洗滚动轴承方法

滚动轴承是精密的配合零部件, 要用汽油和布擦洗干净, 严禁用棉纱擦洗。在轴上清洗时, 如是双列锥形滚柱, 可用喷油枪打入熟油, 使旧的干油被热油冲去。旧油除去后, 可喷一次汽油, 使内部余油完全除净, 若用压缩空气在喷汽油之前先吹一遍, 把余油吹掉, 可节省汽油。已被硬化或较难清洗的滚珠轴承, 可用温度 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 的机油冲洗后, 再用煤油清洗, 最后用汽油洗净。轴承洗后, 应换上新油。

有时由于设备保护不好, 内部存有水分, 加工表面上生有一层锈, 滚动轴承虽然是合金钢, 还是会有生锈现象。在清洗时可以用粉笔灰混合机油, 涂在绒布或柔性皮革上, 擦拭有锈的地方; 或者用零号砂布, 把表面上的粗砂去掉, 或蘸稀机油往生锈的地方擦抹。但要注意, 不得使加工面上擦有纹路, 更不得用粗糙工具去磨, 以免影响轴承的精度。

如果风机轴或电动机轴上的轴承没有其它的检修项目, 就不必将轴承拆下。但清洗装在轴上的轴承是比较困难, 不容易把内部清洗得很干净。下面介绍一种用热油清洗的方法和步骤:

1. 用油温为 $90 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 的热机器油淋烫轴承部位, 使轴上旧的干油容易熔化, 一方面慢慢地转动轴承, 一面用铁钩或小匙把轴承内的旧油挖出, 如此继续用热油淋烫 5min 左右, 轴承就基本上清洗干净。

2. 用煤油冲刷轴承内已熔化的干油, 轴承就显得干净了。用煤油清洗时, 可以用油枪喷射冲洗, 轴承更容易干净。

3. 用煤油清洗之后, 再用汽油清洗一遍。因为煤油中含有水分, 不容易挥发, 会使轴承生锈, 所以最后一定要用汽油清洗一遍。再用干净的布把轴承擦干。

3-6 轴承箱的找正、调平

轴承箱的找正、调平应符合下列要求:

- 1) 轴承箱与底座应紧密结合。
- 2) 整体安装的轴承箱找正、调平时, 纵横向水平度用水平仪在轴承箱中分面上测量, 纵向水平度也可在主轴上测量, 其纵横向水平度允差均应不超过 $0.10/1000$ 。
- 3) 左右分开式轴承箱找正、调平时, 纵横向水平度用水平仪在其中分面上测量, 主轴水平度在主轴上测量, 水平度允差应符合下列要求:
 - ① 每个轴承箱纵向水平度误差应不超过 $0.04/1000$ 。
 - ② 每个轴承箱横向水平度误差应不超过 $0.08/1000$ 。
 - ③ 主轴水平度误差应不超过 $0.04/1000$ 。
 - ④ 主轴与轴承箱孔轴线在水平方向的同轴度误差不超过 $\Phi 0.06\text{mm}$ 。
- 4) 对具有滑动轴承的通风机, 还应检查轴瓦与轴颈的接触情况, 轴承间隙和压盖过盈, 如不合格时, 应进行修刮和调整。检查时, 应按下列要求进行:
 - ① 轴瓦表面与轴颈接触均匀, 接触弧面不应小于 60° , 接触面与非接触面之间不应有明显的界限。轴向接触长度应不小于 80%。
 - ② 轴承推力瓦与主轴推力盘的接触应均匀, 接触面积应不小于 70%。
 - ③ 轴瓦与轴颈之间的径向总间隙一般为轴颈直径的 $0.002 \sim 0.003$ 倍, 顶间隙应用压铅法测量, 测间隙应用塞尺测量。
 - ④ 轴瓦与压盖之间的过盈量为 $0.03 \sim 0.06\text{mm}$, 用压铅法测量。
 - ⑤ 对具有滚动轴承的通风机, 轴承外圈与轴承箱内孔之间为基轴制过度配合。

⑥ 彻底清理轴承箱；经检查合格后，方可加注润滑油。

⑦ 风机在出厂前轴承箱无润滑油，用户在使用前自行加注，水冷式轴承座在底部设有放水孔，寒冷专区设备不使用时请放尽冷却水，以免冻裂轴承箱。

3-7 组装机壳时的注意事项

组装机壳时，应以转子轴线为基准找正机壳的位置。机壳进风口或密封圈与叶轮进口圈的轴向插入深度和径向间隙，应调整到随即文件规定范围内。离心通风机叶轮与进风口的交接结构有对口和套口两种形式。对口形式的轴向间隙一般小于叶轮直径的 1%，叶轮直径越大，小得越多。套口形式的轴向伸进重叠多半小于或等于叶轮直径的 0.008 ~ 0.012 倍，但其径向单面间隙不大于叶轮直径的 0.0015 ~ 0.0040 倍。机壳后侧板轴孔应与主轴同轴，不得相互碰刮。

3-8 电动机与通风机联轴器同轴度的找正

电动机与通风机同轴度的找正，应符合下列要求：

1. 两半联轴器之间距离应符合规定，对具有滑动轴承的电动机，应在测定电动机转子的磁力中心位置后再确定联轴器间的距离。磁力中心一般为转子轴向可窜动量的中间位置，也可启动电动机实测确定。

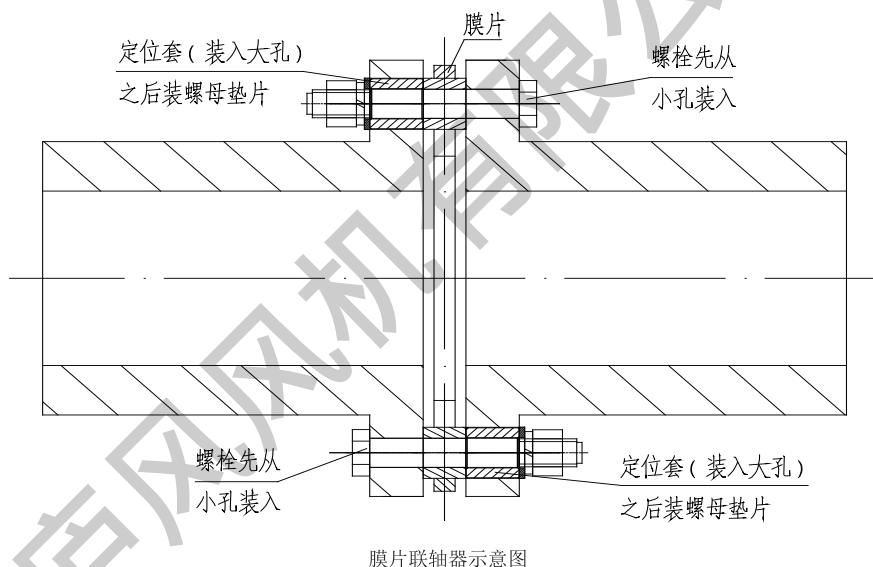
2. 电动机与风机的同轴度允差：径向位移应不大于 0.05mm，轴线倾斜应不大于 0.2/1000。

3. 膜片联轴器的安装方法和注意事项

螺栓是膜片联轴器的重要核心部件，它的安装正确与否直接影响到产品的性能寿命和安全性，否则会造成一定的人力和配件的浪费。因此正确安装膜片联轴器螺栓方向是关键的一环，并千万切记不要装反和丢下任何一个小零件包括弹簧垫圈，才能使螺栓组件发挥它的优良性能，不会使膜片联轴器其它部件损坏。

膜片联轴器螺栓配合段与法兰盘小孔配合段间隙，一般根据螺栓直径为 0.20mm ~ 0.30mm 此配合段起到传递扭矩非常关键的作用，如果间隙超标必须更换。缓冲套与膜片铆钉内孔与螺栓直径间隙为 0.5mm ~ 0.7mm，起到压紧和定位膜片作用。如果膜片联轴器螺栓方向装错容易造成螺栓偏斜，而膜片会因此而扭曲变形。

正确安装膜片联轴器螺栓方法：把螺栓从法兰盘小孔外侧穿入，再穿入膜片孔中（注意膜片的方向，膜片是由许多单个薄片由铆钉和铆钉垫圈，铆钉垫圈处应与缓冲套相接触，否则会影响铆钉组的使用寿命），再从零件法兰盘大孔外侧穿入套上缓冲套，弹性垫圈，拧上螺母紧固时，要注意使螺栓不要转动，安装螺栓时一定要注意螺栓方向，不要随意安装螺栓方向，否则会造成膜片扭曲，长期运转会使膜片和螺栓配合段表面、半轴节小孔处的损坏。因为螺栓与法兰盘配合



膜片联轴器示意图



段表面是传递转矩非常重要的配合段，表面完好性直接影响使用性能。

3-9 风机安装后的试车步骤

试车分为无负荷试车和负荷试车两个步骤进行：

1. 无负荷试车 风机出口的气体，在无任何阻力的条件下进行空运转。一般是将出风管道拆开。无负荷试车，一般为 4h。
2. 负荷试车 风机出口的气体，在有阻力的条件下运转，根据风机出厂技术说明书，逐渐达到规定的技术性能，负荷试车时间一般为 8h。若为高压高速的透平压缩机和鼓风机，还要延长时间，应在 24h 以上。
3. 风机在试车中要进行下列项目检查
 - 1) 倾听转子运转声音是否正常，有无摩擦现象。
 - 2) 检查联接螺栓有无松动。
 - 3) 轴承温度是否符合技术文件规定。
 - 4) 冷却水是否畅通。
 - 5) 轴封装置部位有无漏气现象。
 - 6) 传动齿轮或齿轮变速器运转声音是否是良好。
 - 7) 停车后，应检查转子有无轴向位移，两转子之间（罗茨鼓风机）或转子与机壳之间的间隙、叶轮与进风口的间隙等，与试车前比较有无变化。
 - 8) 检查电气与仪表装置，有无损坏或失灵。

3-10 风机安装后的试车操作程序

- 1) 用手或工具扳动联轴器或带轮 2～3 转，检查转子是否灵活，有无“憋劲”或“卡住”现象；
- 2) 打开进、出口阀门（离心式风机先关闭进口阀门，风机起动后逐渐打开）。
- 3) 点动合上电源开关，电动机起动后，扳动电阻箱手轮，使风机达到正常转速，同时，将电动机滑环扳手扳到运行位置。
- 4) 根据风机技术性能规定，进行负荷试验，测量风量和风压。

3-11 离心式通风机启动前的检查工作

- 1) 关闭进风调节门，出风调节门稍开。
- 2) 检查风机机组各部分的间隙大小，转动部分不允许有碰撞，所有固定零件的螺栓应拧紧。
- 3) 检查轴承润滑油是否充足和完好。
- 4) 对联轴器或带传动的风机，要检查联轴器或带轮、带是否安装得可靠，风机轴与电动机轴的同轴度是否符合技术规定。
- 5) 对有水冷却轴承的风机，要检查冷却水管的供水情况是否良好。
- 6) 检查电气线路及仪表安装是否正确和好用。
- 7) 在电动机起动过程中，应严格检查机组的运转情况，发现有强烈的噪声或剧烈的振动，应立即停机，检查其原因，然后消除。
- 8) 当风机起动特性达到正常状态时，逐渐开大进口调节门，直到满足规定负荷为止。

3-12 离心式通风机在运行中必须注意的事项

- 1) 时刻注意轴承的润滑、冷却情况及温度变化，见表 3-4 中的规定。
- 2) 注意机组的振动、噪声及撞击杂声的情况。
- 3) 用电流表监视电动机负荷，不允许长时间在超负荷状态下运行。
- 4) 对排尘、煤粉等风机，要检查粉尘、灰粒的变化是否符合风机使用要求。
- 5) 对耐温风机，要注意气体温度的变化，是否有超过风机允许的最高温度。

表 3-4 轴承温度的规定

轴承及润滑类别	轴承温度		入口油温	出口油温	温升
	正常	允许			
滚动轴承压力给润滑油	< 60	< 70	35 ~ 45	55 ~ 65	< 40
滚动轴承油脂润滑	< 70	< 80			< 35
滑动轴承	< 65	< 70			

3-13 锅炉引风机、高温通风机在启动是应注意的事项

锅炉引风机和高温通风机，均系按输送气体介质的最高温度（140℃或更高）来计算所需功率和选定电动机。气体介质温度高时，密度 ρ 小，产生的压力低，所需的功率就小。锅炉引风机或高温通风机选用的电动机功率比常温下的通风机的功率小很多。这类通风机的起动更要特别注意。因为在通风机起动前，气体介质的温度很难达到工作温度的要求，有时甚至需要通风机在常温下转动起来以后，才能生炉加热。在这种情况下，（离心风机）将闸门全闭起动以外，还要注意电动机的超载情况。如果通风机工作时的气体温度，和通风机起动时的气体温度相差很大时。是否能够直接起动，须按当时实际情况而定。如不认真对待，电动机就有烧毁的危险。

3-14 锅炉引风机在运行中必须注意改善运行条件

任何一台引风机在运行条件改变时，都会使其出力受到影响。例如烟道、除尘器、预热器内积有灰尘或堵灰，就会使引风机的出力降低。这是因为积灰或堵灰使烟气通道相应缩小，增加了气流阻力。同样，管道上的漏风（包括通风机出口至炉膛风道上往外漏的空气和炉膛至引风机烟道上往里收入的空气）也会影响风机的工作。因为漏入的空气对燃烧不起作用，但它由引风机来输送，在这种情况下，风机必须有更大的出力才能保证锅炉正常运行。

风机流道的磨损，也是降低风机出力的因素。对于任一台风机来说，由于它的转速、尺寸和叶片的几何形状都已固定，它的运行性能应该是不变的。但引风机在运行了，一段时间后，因受到烟气中灰粒的作用，叶片的进出口，进气口与叶轮相接处的气封装置受到了磨损，就会影响风机的性能，在同样的管道阻力特性曲线下，受磨损影响的风机流量降低，因而可能造成出力不足。同样，引风机的叶片在运行中粘上了细灰垢，改变了叶片间气流的通道形状，使叶片的进出口角度发生变化，这种变化也会使风机的压力降低，因而降低了引风机的出力。

3-15 风机在安装试车中紧急停车

风机在安装试车中，发现下列情况之一时，应紧急停车

- 1) 转子与机壳摩擦。
- 2) 机体振动突然增加并强烈。
- 3) 轴承温度超过规定并继续上升。
- 4) 输送的有害气体泄漏较大。
- 5) 电流突然升高，在 1 ~ 2min 不返回原位。
- 6) 油泵管路堵塞或其它原因造成供油中断。
- 7) 冷却水突然中断。
- 8) 在其它情况下，发生的情况具有严重的危害。

3-16 停车时的注意事项

- 1) 通常，是以轻载荷使通风机停车，停车后进气阀、排气阀处于全闭。
- 2) 有强制供油轴承时，轴直至完全停止为止，均应连续向轴承供油。
- 3) 使用冷却水时，停车后，再关闭冷却水阀。
- 4) 输送有害气体的通风机、应注意从轴封部分向外漏气。
- 5) 输送高温气体的通风机中，直至机壳内的气体温度降到 100℃ 以下为止，应连续运转为宜。



3-17 长期停车时的注意事项

- 1) 长期停车时，应在容易锈蚀的各部分适当涂上防锈剂。
- 2) 轴承箱等需通冷却水的部分，应放掉冷却水，以防冬季结冰而冻裂。
- 3) 充分注意防止电机及其它电气部件受潮。
- 4) 转子每隔一定时间，旋转 180°，以防主轴静态变形弯曲。
- 5) 即使长期停车，也需进行定期维修保养。

3-18 通风机的维修保养

1. 通风机的检修 分为运行中的检修和停车检修。检修形式和检修周期，根据通风机的用途、所用于与设备配套等运行条件、重要性、可靠性等的不同、存在着相当大的差异，故应确定适宜的检修周期。无论哪种通风机，最好至少一年进行一次定期检修。

2. 通常进行的定期检修 分为每日、每周、每月、每 3 个月、每半年、每年检修一次等几种。其中，检修结果也是确定下次检修周期的重要资料和依据。

3. 通风机安装使用后，每台风机都应建立保养帐目 以此为基础进行定期检修。保养帐目上注明通风机及其原动机的保养符号、主要规格、制造厂名、进货期等主要项目，同时还应记入每次定期维修保养时的检修记录。

3-19 通风机的定期维护和检查

通风机应定期进行下列维护和检查工作

- 1) 风机连续运行 3 ~ 6 个月，进行一次滚动轴承的检查，检查滚柱和滚道表面的接触情况及内圈配合的松紧度。
- 2) 风机连续运行 3 ~ 6 个月，更换一次润滑脂，以装满轴承空间的 2/3 为宜。
- 3) 风机定期维护保养，消除风机内部的灰尘，污垢后。
- 4) 检查各种仪表的准确度和灵敏度。
- 5) 对于未使用的备用风机，或停机时间过长的风机，应定期将转子旋转 120° ~ 180°，以免主轴弯曲。

3-20 锅炉通风机和煤粉排风机的维护检查及防磨措施

由于烟气中飞灰或制粉系统燃料颗粒的浓度过大，叶轮和机壳的材料不耐磨，转子的平衡精度不高或在运行中失去平衡，或叶轮制造质量低劣等因素，致使风机特别是引风机和排粉风机产生严重磨损、振动轴承温升过高和泄漏等问题。故从以下几方面对风机进行仔细检查是很必要的。

1. 磨损的检查 风机的磨损主要是由于随空气和烟气一起进入通、引风机和排粉风机的飞灰及燃料颗粒的摩擦而引起。转速越高，飞灰和燃料颗粒及浓度越大时，磨损越严重；若风机的叶轮和机壳使用不耐磨的材料或劣质材料，会加重磨损，见表 3-5。一般磨损最严重的部位是离心风机叶轮叶片的根部和叶尖，叶片根部区域靠近正面的后盘一侧或中盘的两侧，见图 3-7；机壳是出风道蜗舌部及其蜗舌部附近的机壳部分，见图 3-8。

影响风机流道磨损的主要因素 是指风机所输送气体含尘浓度和叶片的圆周速度。通过排粉通风机的实际使用寿命，使用单位提出了经验公式，其比例关系式为

$$T \propto \frac{\delta g}{cu^3}$$

式中 c —— 气体中的含尘浓度； g —— 重力加速度；
 u —— 叶片圆周速度； δ —— 叶片厚度。

此式是对径向直板开式叶轮排粉机的实际调查和实验得出。从式中看出，风机的磨损与输送气体中含微粒的浓度成正比；与圆周速度的三次方成正比。

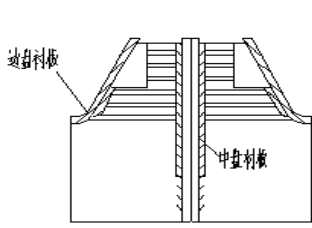


图 3-7 叶轮磨损部位示意图

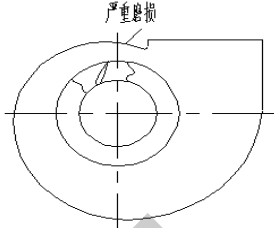
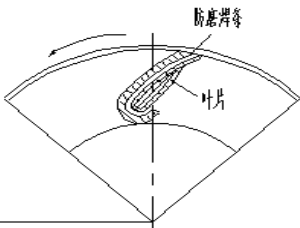


图 3-8 蜗壳磨损部位示意图

3-5 耐磨性的试验比较

种 类	化学成分（质量分数）/%							寿命 /d	磨耗量 /g
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr		
低碳钢	0.15	0.02	0.58	0.018	0.02	—	—	20	2.25
中碳钢	0.27	0.33	0.62	0.020	0.015	—	—	45	1.00（基准）
高锰铸钢	0.18	0.54	12.5	0.054	0.010	—	—	120	0.37
Ni-Nard 铸铁	3.03	0.58	0.88	0.143	0.021	5.58	1.72	300	0.15

风机的防磨措施如何提高风机叶轮的寿命，是迫切需要解决的一个重要问题。根据风机使用的工作条件，对叶片磨损原因进行了分析，我厂基于提高叶轮寿命的需要，对叶片表面进行强化处理。选择了堆焊方法及堆焊材料，确定了堆焊工艺，并应用于生产实际，取得了令人满意的效果。

磨损叶片的表面状况，一般为磨料磨损、冲蚀磨损、热磨损等。其中，主要是受到磨料磨损，即微小的尘埃和煤灰等颗粒，在风压作用下，对高速运转的叶片表面进行了显微切削，造成了叶片的磨损。

就一般情况而言，对工件表面进行强化的方法有多种，如渗碳、刷镀及等离子喷涂等。针对风机的使用工况及现场条件，可行的方法仅有氧乙炔喷焊及电弧堆焊，耐磨陶瓷复合。喷焊（喷涂后重溶）加热速度慢、加热时间长，导致叶轮变形严重，但稀释率较低；而电弧堆焊加热时间短，试件变形较小，但稀释率较高。因叶轮的形状及刚度等原因，叶轮变形后校正较困难，加之在生产制造叶轮的过程中，叶轮本身已有一定的制造偏差，故为保证叶轮的尺寸及形位偏差这一基本要求，采用变形较小的电弧堆焊方法。

受磨料磨损的工件，一般选用碳化钨作为堆焊材料。根据对叶轮的要求，把堆焊叶片的工艺重点放在了降低稀释率和减少焊后变形这两个方面。

堆焊后的叶轮，作静、动平衡试验，由于堆焊会使叶轮受热不均匀，产生焊接应力，导致焊接变形等，采取适当工艺措施，把叶轮各表面的尺寸、形状及位置满足偏差。

焊后检查，叶轮变形量在技术要求范围内，各叶片堆焊层硬度 HRC>56。堆焊后的风机叶片寿命提高 4 倍左右，避免了因叶片磨损而造成更换或修理，保证了机组的正常工作，取得了良好的经济效益和社会效益。

耐磨陶瓷叶轮是指在风机中的主要部件风机叶轮磨损严重的部位复合上一层耐磨陶瓷，同时利用三源流理论，对叶轮形状和壳体进行优化设计后形成的一种高耐磨或新功能的风机设备。

风机叶轮工作表面复合陶瓷层硬度 HRA ≥ 86（增韧氧化铝复合材料），局部磨损严重部位使用二次烧结氮化硅增韧陶瓷或氧化锆增韧氧化铝陶瓷，最高可以达到 HRA94 以上，其耐颗粒冲刷磨损性能至少是普通碳化钨堆焊、喷涂喷焊以及合金粉块状焊接等常规处理方式提高 5 倍以上，比基体 16Mn 钢材高 100 倍以上；厚度为 1.5mm 陶瓷片实际使用已达五年，平均磨损不到 0.2mm。

采用了各种高技术复合陶瓷技术，以及先进的无损探伤和修复技术，确保陶瓷与金属复合层在叶轮高速运转下始终保持高达 35MPa 的抗剪强度；根据不同陶瓷复合工艺，耐温最高可达 450℃。由于不用考虑磨损问题，根据理论计算，1.5mm 厚瓷片每平方米仅重 5.5 公斤，可以对风



机结构重新设计，特别是大幅降低风机叶轮的重量，从而大大提高的风机的运行效率，降低了维修检修时间，提高了经济效益。

采用特殊的陶瓷复合制造技术，可对运行过程中出现的异常陶瓷脱落，异常局部磨损，进行快速及时地修补，同时不会对叶轮输入热量，防止叶轮变形，保证叶轮及附件及时投入运行。

2. 轴承的检查

风机的轴承磨损和腐蚀，主要由以下原因造成：润滑剂不足或变质，转子振动、轴承错装，轴承架损坏等。润滑剂不足往往是由于操作人员疏忽大意和定期检查不周造成的；而润滑剂变质则是由于对油种选用不当，在风机运行中轴承因受高温介质的作用温度升高；超过油种使用温度而引起的；转子振动、轴承错装及轴承架损坏等因素均会使轴承运转时的摩擦力增大，从而引起润滑剂温度升高，以至变质失去应有的润滑能力，使轴承发生磨损和腐蚀。

(1) 对滚动轴承，进行下列检查：

- ① 轴承内、外圈及滚珠或滚柱，应无裂纹和腐蚀痕迹。
- ② 滚珠架应无磨损、脱落现象。
- ③ 轴承在轴上安装后，滚珠下方应在 120° 角度的范围内与外套接触良好。
- ④ 用塞尺检查滚珠间隙，应符合要求。

(2) 对滑动轴承，进行下列检查：

① 目测轴瓦的浇铸质量，表面有无砂眼和气孔，轴瓦巴氏合金与瓦胎接合是否牢靠，不得有脱胎现象。

② 检查轴颈表面是否光滑，不得有腐蚀麻点，磨损痕迹和突起。

③ 轴颈与轴承瓦的接触情况，可在轴颈表面上涂一层红丹油，再把轴瓦放到轴颈上经研磨后，其接触点应均匀，接触角应在 $70^\circ \sim 90^\circ$ 的范围内。

④ 轴承温度见表 3-4。

⑤ 轴承油压的控制及挽救办法：轴承润滑进口处油压控制在 $0.08 \sim 0.15\text{MPa}$ ，高速低负荷时，若轴承油压低于 0.07MPa 应报警，低于 0.05MPa 应停车；低速运转时，轴承油压低于 0.05MPa 时应报警，低于 0.03MPa 应停车。挽救办法是：当油压下降到上述数值的上限时，应立即开动油泵，同时查明油压不足的原因，及时消除。

3. 焊接质量、铆接质量及变形检查 风机叶轮和机壳，因磨损使原有焊缝的焊接质量逐渐下降，而叶轮的叶片、前后盘则会因磨损减薄使其强度下降，这样都会使叶轮产生变形。若是铆接叶轮，由于铆钉松动，也会使叶轮产生变形。变形的叶轮摆动较大，会造成与两侧密封间的摩擦。

4. 调节门灵活性检查 风机的调节门不但应严密不漏，应始终保持开关灵活，而且还应注意调节挡板的开度方向要与叶轮旋转同一方向。两头小轴与装配孔的间隙大小要合乎精度要求，密封填料不要过紧，用手推拉调节环连杆时感觉灵活自如。

5. 转子的平衡检查 为保证风机在运转中振动不超过允许值，在风机安装或检修后，一般都进行平衡检查。当转子上留有不平衡质量时，在运转时，转子就会产生由于不平衡质量引起的扰动力，失去平衡而产生强烈振动，严重时会使叶片脱落，打穿机壳，飞出伤人，甚至损坏整个机组，转子有静不平衡、动不平衡和静动混合不平衡三种：

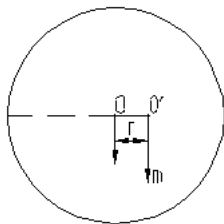


图 3-16 转子的静不平衡

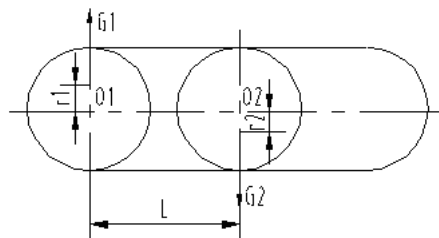


图 3-17 转子的动不平衡

(1) 静不平衡 具有静平衡的转子其重心必然在旋转轴线上，在运转时，转子各质点所产生的离心力相互抵消，使整个转子保持平衡。

但是，由于材料厚薄不均匀、加工有误差等原因的影响，转子的重心移至轴心线外 O' ，如图 4-16 中 O 为转子的轴心，两者之间有一距离 r 。当转子静止时，由于受地心引力的作用。

重心必然向最低位置转向。此时若无轴承摩擦等阻力存在，转子是不可能在其位置停留或保持静止。这种现象叫做静不平衡。引起静不平衡的平衡质量，可利用在其同一平面内与轴心线相对称的位置上试加一质量的方法消除。

(2) 动不平衡 当转子旋转时，若转子的不平衡质量造成两个相对方向的离心力，并且其位置不在与转子中心线相垂直的同一平面上时，产生的振动现象，称为动不平衡。

动不平衡是在静平衡检查后，转子的轴心线和转子的重心虽然重合，但并未使转子的每一段重心达到完全对称而引起的，如图 3-17 中 O_1 、 O_2 为转子的轴心线，两点相距为 L ，不平衡质量 G_1 位于 O_1 的上方，距轴心为 r_1 处，转动后产生的离心力为

$$F_1 \left(\frac{G_1}{g} \right) \omega^2 r_1$$

不平衡质量 G_2 位于 O_2 下方，距轴心为 r_2 处，转动面产生的离心率

$$F_2 \left(\frac{G_2}{g} \right) \omega^2 r_2$$

当 $F_1 = F_2$ ，即两个不平衡质量产生的离心力恰好相平衡时，不会构成静不平衡。但是，当转子运转以后， F 和 R 将以一力偶的形式出现，作用于转子的轴承上而引起振动。对于动不平衡，只有采用再加两个重量，以其产生的力偶来抵消引起振动的力偶，转子才会保持在运转工况下的平衡，即动平衡。

(3) 动、静混合不平衡 如果上述不平衡情况同时存在，转子就会产生动、静混合不平衡，实际上转子一般都存在这种不平衡现象。消除这种现象必须在进行静平衡校正后再校正动平衡。

3-21 检查风机叶片损伤的常用方法

检查叶片损伤的方法，最简单而有效的办法是肉眼观察，在 10 倍以上的放大镜下用肉眼检查叶片有无裂纹及伤痕，如用这种方法检查不出叶片的伤痕时，还可用着色探伤、磁粉探伤、荧光粉探伤等方法。其中以着色法最方便，费用也少，使用广泛。

1. 着色探伤法将叶片擦净积垢后，将需要检查部位涂上红色渗透液，渗透液由质量分数为 1% 的苏丹红溶解于质量分数为：60% 的煤油、10% 的松节油、30% 的水和酸中酯混合液中，稍待片刻后，用清洁纱布擦净，再涂上白色显像液（质量分数为 5% 的锌白拌匀于质量分数为 30% 的胶棉液，然后再加入质量分数为 20% 的苯、质量分数为 50% 的丙酮稀释），待干燥后，如有裂纹即会在白色底色上显示出明显红色纹路。

2. 磁粉探伤法将风机转子或叶轮绕上电线，通入直流电使叶轮或转子产生磁场。各个叶片顶部成为一个磁极，然后涂上铁粉。如果叶片有裂纹，在裂纹的缺口处产生两个不同的极性，因而将铁粉吸住。这样可查出受伤叶片的伤痕所在。

3. 荧光粉探伤将叶片涂上荧光粉，然后擦去。将转子或叶轮移动到暗室中察看，有裂纹处，荧光粉擦不掉而会发光。

3-22 风机检修的基本项目

通风机检修工作项目取决于它们的形式和损坏程度、工作条件及其它一些因素。但对下面一



些基本项目，则是各种不同形式通风机都应注意进行：

1. 清理与检修机壳，如有漏气之处，必须堵漏。
2. 机壳有内衬板，必须更换已磨损的衬板，或焊补与更换部分衬板。
3. 检查主轴是否弯曲和轴颈是否磨损或划伤，弯曲少的要校直，弯曲大的必须更换。
4. 修理转子，补焊叶片，必要时更换损坏的叶轮或叶片；引、排粉尘及烟气的耐磨通风机，需用耐磨焊条焊补叶片。
5. 检查与清理轴承，或重新浇铸滑动轴承的巴氏合金或更换滚动轴承。
6. 清理并检查轴承的水冷却系统，如水管有堵塞或破裂现象，要清理或检修好。
7. 检查联轴器的装配情况或更换，修理联轴器的弹性连接装置及其销孔。
8. 按联轴器对正通风机与电动机的中心。
9. 检修轴的防护装置。
10. 清理检修风机的调节门及其调节机构。
11. 检查带轮的装配情况或更换。
12. 检查电动机，起动开关等电器设备有无损坏并检修好。
13. 检查地基有无损坏并修补好。
14. 重新涂刷风机外壳的防护油漆。
15. 通风机检修后，需做运转试验。

3-23 离心式风机叶轮检修方法和精度要求

1. 更换新叶片材料应与原叶片材料一致。剪切叶片时，叶片出口端的边缘应与新叶片的钢板压延纹路方向一致。叶片最好用成形胎压成，如果用锤击敲成，应致意要保持叶片表面光滑。边面弯曲半径大小，应与原叶片一致。对铆接叶轮的叶片翻边有困难时，可根据具体情况改为焊接叶片，必须要保证焊接质量。

2. 装配叶轮上的叶片时，应先将叶片逐个过秤，将质量最小的叶片，放在叶轮圆盘的对称位置上，减少叶轮的不平衡度。安装叶轮的一般技术要求见表 3-6，叶轮的不平衡精度，参看有关规定。

表 3-6 叶轮精度一般要求

误差名称		符 号	单 位	偏差不大于
叶轮叶片安装角度允差	入口角	β_1	度	$\pm 1^\circ$
	出口角	β_2	度	$\pm 1^\circ$
叶片垂直度允差		δ_1	mm	$0.01B^{①}$
叶轮上任意两相邻叶片间弦长允差		δ_2	mm	$0.1\sqrt{D}^{②}$

注：① B 为叶轮最大宽度（mm）； ② D 为叶片外圆直径（mm）。

3. 离心式风机检修中，在装配转子时，要严格达到表 4-7 中规定的技术要求。

新制成的或检修的带轮、叶轮，在装入轴前，应作静平衡校正，以减少转子的动不平衡度。

通风机的叶轮与轴一般用过渡配合，也可使用锥形轴头，便于拆卸。装配时，一般用压力机或大锤垫铜块打入，最好用加热法装配。

注意，气体介质温度超过常温时，依据其温度高低，装在风机主轴上任何两个零件的接触面之间，均应有规定的膨胀间隙。装配完毕的转子要做静、动平衡校正。

3-7 转子装配的技术要求

误差部位	误差名称	符号	允差不大于 mm	误差部位	误差名称	符号	允差不大于 mm
叶轮的外缘	径向跳动 端面跳动	a_1	$0.07\sqrt{D}$	叶轮的外缘两侧	径向跳动 端面跳动	b_1	$0.1\sqrt{D}$
联轴器的外缘		a_2	0.05	联轴器的外缘端面		b_2	0.05
主轴的轴承轴颈		a_3	0.01	推力盘的推力面		b_3	0.01

注：D 为叶轮的最大外缘直径。

3-24 检修风机的滑动轴承

离心式风机的联轴器，通常采用标准橡胶弹性圈柱销联轴器，弹性圈容易磨损，如果磨损过多，应更块。如果无橡胶圈时，也可用皮革圈代替。皮革圈的制法是：将优质皮革制成比销钉外径稍大的圆圈，套在销钉上压紧，并在砂轮上磨到规定的尺寸。更换弹性圈时，应将联轴器上的全部弹性圈同时换掉，并将重量相等或接近的销钉装入对称的位置，否则会使销钉受力不均，转子平衡精度受到破坏，从而使转动情况变坏。联轴器两轴的不同轴度允差要求见表 3-8。

表 3-8 联轴器的不同轴度允许偏差

联轴器的最大外径 mm	两轴不同心度允许偏差	
	径向位移/mm	倾斜度
< 300	0.1	0.8/1000
> 300 ~ 800	0.2	1.2/1000

3-25 风机常用的密封种类及检修程序

1. 风机用的密封种类 常用的密封种类见表 3-9

表 3-9 常用密封种类及用途达式

类 别	名 称	用 途
封气装置	迷 宫 式	通用形式
	涨 圈 式	用于小型整体机壳
	气封油封式	用于输送空气及不易爆炸气体
油 封 装 置	迷 宫 式	用于滚动轴承
	毛 圈 式	用于滑动轴承

2. 常用密封装置主要缺陷

- 1) 由于磨损或损坏使间隙过大。
- 2) 修刮水平中分面使间隙过小，再刮是可修复。
- 3) 修刮轴瓦使密封下部间隙过小使上部间隙过大。
- 4) 间隙过大或已损坏，应予换新。

3. 常用迷宫式气封更换和修刮程序。

1) 将软铝板按半密封圈尺寸切割，镶入密封槽内，镶入后密封圈应平直，根部应夹紧，不能有弯曲和松动现象。然后经过车床加工，留出 0.1 ~ 0.5mm 的刮研余量。

2) 将下半密封圈体沿榫口滑入下半机壳内。

3) 在转子密封套上的与密封圈对应的位置上，用尖铲铲出凸齿（凸齿高度应小于密封间隙），然后压主密封体两端面，用力扳动转子，使转子朝着凸齿刃口方向转动，由凸齿刃口将密封圈的



尖棱割掉。

4) 用塞尺测量出密封圈的间隙, 如果仍有不足, 应再把凸齿铲掉一点, 并进行切割, 如此重复操作至合格为止。

5) 将上半密封体合在下半密封体上, 对正位置用力压住, 然后扳动转子, 使转子凸齿对着上下密封进行切割。扳动转子时, 如发现人力扳不动, 可在上半和下半两密封体的任一端接触面之间, 放入若干层纸垫, 每转一圈抽出一部分纸片, 直到全部纸片抽出, 转子转动最后一圈后, 再用压铅丝的方法密封圈间隙, 直到密封圈所要求的间隙为止。

6) 取出上半和下半密封体, 用刮刀刮出密封圈的坡口, 其斜度为 20° , 坡口尖端保持 0.2mm 宽, 不宜过大或过小。并注意斜坡口的尖端朝向压力较高的一侧, 如果弄反了会影响密封圈的效果。

7) 将上半密封圈固定在机壳内。

3-26 通风机装置主要部件、故障及排除方法

表 3-10 主要故障及排除方法

故障特征	故障原因	故障识别和排除方法
1. 轴承温度升高 $10 \sim 15^\circ\text{C}$	润滑油过多 (常常伴随润滑油通过密封流出的现象)	将机器运行时的油位降到油位计上的较低刻度线。减少供油量
	径向轴承在机壳的轴孔中夹得过紧, 因而在轴因受热长度变化时, 它在轴向上不能移动	检查轴承
	润滑油型号不符合要求	换油
2. 同时出现端盖局部非常热的现象	密封过紧, 端盖磨轴	放松弹簧和固定密封。拆下端盖, 刮研接触部位
3. 轴承温度升高, 并伴随着振动和随着振动频率偶尔出现的金属碰撞声	轴承或锥头锥形套转动, 轴承疲劳磨损 (出现麻点)	检查轴承 检查并更换轴承
4. 轴承温度急剧升高	轴保温器 (架) 损坏。沿轴承套剖分面外环过紧, 外来尘粒脏污了轴承套接合面	更换轴承。检查轴承的椭圆度、轴承套轴孔锥度、结合面和外环里面与轴承套的接触面
	轴承或锥形轴套在轴上转动 (伴随特殊噪声)	检查、重新安装或更换轴承
	润滑油不足或润滑油不干净	补充润滑油, 清洗轴承、更换润滑油
5. 轴承温度急剧升高	轴承或轴套安装过紧	检查并重新安装轴承
6. 轴承内发出啸声 (伴随温度升高现象)	润滑油不足	当油位指示器刻度盘上指针下降到较低位置时, 注满润滑油
7. 轴承振动并在内部有轻微碰状声	锥形轴套在轴上转动	检查并重新安装轴承
	润滑油过多	运行中把润滑油量减至油位计刻度下限
8. 随风机振动出现振耳的金属碰撞声	工作轮轴盘与轮毂或整流罩与基盘的固定螺栓没拧好	拧紧螺栓和进行仔细检查
9. 各种声调的噪声定子和转子振动, 随压力升高所需功率亦增大	导流器安装角为负值	检查叶片安装的正确性和在多有叶片安装角情况下吹向叶片的空气流的旋绕方向。把叶片位置安装正确
10. 同上在所需功率明显增大的情况下压力仍然下降	在机壳的工作轮出口没有清除运输用的延长部分	切掉延长部分, 清理机壳侧板表面, 使之平齐

工业离心风机使用及安装手册

故障特征	故障原因	故障识别和排除方法
11. 漏油	轴密封不紧	用盖或弹簧拉紧。刮研端盖结合面
	轴承套与轴承盖结合不严密 轴承套上有裂纹或沙眼	刮研结合面，用密封胶粘合拆下轴承套，用压缩空气检查其气密性。用铜焊补
	轴承套与轴承盖的垂直结合面上没有垫片或垫片损坏	装上石棉橡胶垫片或浸过密封胶的石棉绳
	轴承套与轴承盖连接的螺栓孔钻透了，油顺着螺纹流出	从油池侧用环氧树脂，封住透孔或将用浸过密封胶的塞子堵死
	轴承盖固定螺栓松动	拧松轴承套与轴承盖的固定螺栓，再重新拧紧
	端盖沿法兰没拧紧（结合面可插入塞尺）	结合面上涂盖密封胶
12. 风机内有金属碰撞声	径向推力轴承壳体上没有止推垫圈或者轴头锥形轴套的螺母未拧紧，因此出现转子轴向位移并伴随工作轮迷宫密封环与定子圆锥壳套碰撞	检查径向推力轴承。安装与轴承套孔相应的开口止推垫圈。当螺母松动和轴承沿轴套位移时，应完全重新安装轴承，以保证必要的紧度
	径向止推双轴承安装得不正确	重新安装轴承，并检查端面的接触情况
	工作轮与定子圆锥形进风口共轭的迷宫密封间隙没调整好	用手转动工作轮，在其转动时检查迷宫密封间隙，利用沿圆锥形进风口的法兰安装垫圈保证间隙均匀
	导流器叶片支撑松动	更换支撑轴承，保证轴套与轴颈之间的间隙 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$
	叶片支撑轴承损坏	在静止风机上检查每个叶片的间隙，找出有毛病的轴承，并更换它
	导流器叶片在轴颈处的焊接处出现裂缝	更换损坏的叶片
13. 通风机和电动机振动	叶片轴颈处的拉杆固定件松动	检查拉杆的固定件。竟紧拉杆的螺栓，拧紧侧面螺钉
	由于不均匀磨损，水和煤粉落入工作轮空心叶片或整流罩里，煤粉粘着在工作轮上，以及整流罩内有水等原因，工作轮不平衡	检查通流部分清除工作轮上的铁锈和煤粉。假如水或煤粉落入叶片内，可在叶片外缘钻直径为10mm孔排出水。工作轮涂漆并进行动平衡
14. 通风机和电动机振动	转子轴弯曲。在更换部分或全部叶片后，由于叶片力矩选取不当，工作轮不平衡	重新磨轴承下的轴颈和齿轮联轴器，重新安装叶片。进行动平衡
	电机转子不平衡或同步电机磁极绕组松动	转子找平衡，将其安装在规定位置上并将绕组固定
	通风机和电动机转子不同轴	进行定心
	齿轮联轴器的齿牙报废（磨损超过15%）	更换联轴器
	半联轴器之一在轴上安装时有间隙（伴随碰撞声）	更换联轴器，保证它在轴上有一定机紧度
	轴承下的底座摆放和浇灌的不好。底座和基础之间的安装楔铁放得不对	打碎底座旁的水泥，安装底垫和楔铁，底座进行二次浇灌
	基础硬度不够并破坏	加强基础
	地脚螺栓或将轴承固定在底座上的螺栓没拧紧	检查所有螺栓的紧度



故障特征	故障原因	故障识别和排除方法
14. 振动增大，断续噪声	通风机在不稳定工况下工作	换上低速电动机
15. 电动机振动	异步电动机转子绕组中瞬时短路，机器以转差频率振动	更换损坏线圈（绕组）
	绕组的导线间短路或者异步电动机励磁绕组有两处与机壳接触形成短路	修理励磁绕组损坏部分
	转子与定子间的间隙不均匀	调整好转子与定子之间的间隙
16. 驱动电机转子轴向位移和轴向振动	由于定子安装不正确，转子与定子的电磁轴线不吻合。在启动时，电动机转子向一侧移动，而在惯例运转时，轴向振动消失	将定子向转子移动的反向挪动，使其磁轴线相吻合
17. 与气动特性曲线相比压力下降	导流器叶片不匹配	将叶片安装角调至 90° 使其完全遮盖及入截面，并在这个位置上将叶片固定，将叶片调整至 45° ，并用样板检查
	第一级或第二级工作轮叶片自发转动	停转通风机，将叶片安装在相同角度
	由于工作轮和机壳圆锥形进风口之间的迷宫密封中间隙大而造成空气泄漏	在定子圆锥形进风口上加垫圈或薄铜板条，并将其用螺钉固定，以此调节间隙
	空气通过密封凹处泄漏	检查通过间断凹处密封和备用通风机扩压器凹处，以及进风口凹处，特别是悬挂处是否有泄漏。更换密封并调节好悬挂橡胶“围裙”
18. 通风机启动时电动机过载，电动机不同步	由于电路上有误差，传动装置的减速器没校正好，以及叶片上的拉杆固定不牢，导流器叶片在风机启动时没有进入“关闭”位置（ 90° ）	检查电路图，校正导流器
	卸荷装置中，传动联轴器的固定键切断	更换固定键
	环形减速器中，伞形齿轮脱离啮合	使伞形齿轮啮合
19. 导流器传动装置减速器的电机反转，叶片不转动	导流器叶片转动轴轴颈支撑轴套胀大	换上青铜轴套，轴套与轴颈之间的间隙 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$
	导流器传动装置的转动环上小轴过紧	检查下面小轴与转轴环或者小轴与导流器轴套表面之间的间隙，将间隙调节到不小于 3mm
	导流器传动环严重不平“8字形”	制造厂有责任调换有毛病的环
	导流器传动装置的减速器发生故障	检查减速器，更换蜗杆轮
	导流器传动装置的减速器中润滑油不足	注入润滑油
20. 导流器传动装置减速器的电动机反转，叶片不转动	叶片楔住	检查并保证每个叶片自由转动
21. 导流器传动装置的减速器不能保证整个叶片转角范围	减速器的螺杆长度不均匀，螺母或环的传动拉杆的尺寸过大	制造厂应负责调换有缺陷的部件或零件
22. 导流器叶片安装角范围变动，叶片达不到靠边的位置（其中一边）	传动装置的减速器的安装高度不正确	提高或降低减速器的位置，使传动螺母位于传动螺杆高度中间时，保证叶片处于中间位置
23. 齿轮联轴器中有敲击声	润滑油不足，或完全没有	停下通风机，往联轴器中补充润滑油

工业离心风机使用及安装手册

故障特征	故障原因	故障识别和排除方法
24. 润滑系统，管道上机件损坏或失效	管道法兰螺栓未拧紧，法兰间垫片破坏，油管破裂或管道堵塞，积垢过多 逆止阀开度不足、卡住、堵塞或漏油 安全阀卡住或漏油 油过滤器或过滤网太密、堵塞或安装不当 油压表由于导管堵塞或表内机件损坏而指示不准或失灵 温度计损坏或失效	拧紧螺栓，更换破坏件，清洗管路滑油 进行修理和调整 进行修理和调整 更换或重新安装油过滤器，进行清洗 清晰污垢，修理或更换油压表 更换温度计
25. 润滑系统不良；轻微振动；在运转中带有噪声，且振动频率与转速不相符合	油膜不良，给油不足或完全停止，轴承密封不良 轴承润滑油的入口油温过低（水冷却过度） 润滑油质量不良，或不适宜于转速要求	查明原因进行清洗和修理，加润滑油 调节冷却水量，使油温升高到规定范围内 调换润滑油，较优质的，并定期化验
26. 油压过低，供油量减少或中断，轴承油温升高	油环轴承箱内油量过多或过少，或油环制造质量过劣，使油环不能转动或带油过小 油箱内油位下降，低于最低油位 油泵或油管中的润滑油在停车过程中冻结 安装时将轴衬给油口方向弄反或未对正，轴承润滑油进口节流圈孔径过小或堵塞 油泵或管道上机件发生故障	调节油量，修理或更换油环 立即加油，使油面升高 更换和清洗冻结的润滑油 按正轴时，适当加大节流圈孔径，清除污垢 检修油泵或管道上的机件，排除故障
27. 压力偏高流量减小	气体成分改变，气体温度过低或气体所含固体杂质增加使气体密度增大	测定气体密度，消除密度增大的原因
	出气管或风门被尘土烟灰和杂质堵塞	开大出风门或进行清扫
	进气管道，风门或网罩被尘土、烟灰杂物堵住	开大进风门或进行清扫
	出气管破裂或其管道法兰不严密	焊补裂口或更换法兰垫片
	叶轮入口间隙过大或叶轮叶片严重磨损	修理更换或加装密封圈，焊补或更换叶片或叶轮
28. 压力偏低，流量增大	气体密度改变，气体温度过高或气体所含固体杂质减少使气体密度减少	测定气体密度消除密度叫器的原因
	进风管道破裂或其法兰不严	焊补裂口或更换法兰垫片
29. 通风系统调节失灵	风压表失灵 风门失灵或卡住以致不能根据需要进行流量和压力的调节	修理或更换风压表，修复风门
	由于流量减少；管道堵塞，流道急剧减小或停止使用风机在不稳定区工作	如需要流量减小，应关小风门或打开旁通门或降低转速，如系管道堵塞应进行清扫
30. 轴的安装不良（振动为不定性的，空转时轻，满载时大，可用减低转速的方法查出）	联轴器安装不正，风机轴和电动机轴未对正，基础下沉	进行调整重新找正
	皮带轮安装不正，两带轮轴不平行	进行调整重新找正
	减速机轴与风机轴和电动机在找正时未考虑运转时位移的补偿量或虽考虑但不符合要求	进行调整，留出适当的位移补偿余量
31. 转子固定部分松弛（发生局部振动现象，主要在轴承箱等活动部分机体振动不显著与转速无关，偶有尖锐的敲击或杂音）	轴衬或轴颈磨损，使间隙过大。轴衬与轴承箱之间的紧力过小或有间隙而松动	焊补轴衬合金，调整垫片或刮研轴承箱中分面
	转子的叶轮，联轴器或带轮与轴松动	修理轴和叶轮，重新配键
	联轴器螺栓松动，滚珠轴承的固定圆螺母松动	拧紧螺母



故障特征	故障原因	故障识别和排除方法
32. 转子静不平衡与动不平衡, 通风机和电动机发生同样的振动, 振动频率与转速相符合	轴与密封圈发生强烈摩擦, 产生局部高热, 使轴弯曲	应换新轴, 并须同时修复密封圈
	叶片质量不对称, 或一侧部分叶片被腐蚀或部分磨损严重	更换坏的叶片, 或调换新叶轮, 并找平
	叶片附有不均匀的附着物, 如铁锈, 积灰或沥青等	清扫和擦净叶片上的附着物
	平衡块质量与位置不对, 或位置移动, 或检修后未找平衡	重找平衡, 并将平衡块固定牢固
	双级通风机的两侧进风量不等 (由于管道堵塞或两侧进气口挡板调整不够)	清扫进气管道灰尘, 并调整挡板, 使两侧进气口负压相等
33. 带轮的带跳动	两带轮位置没有找正, 彼此不在一条中心线上	重新找正带轮
	两带轮距离较近, 或带过长	调整带的松紧度, 即调整两轮的间距, 或更换适当长度带
34. 机壳过热	阀门关闭后, 风机运转时间过长	停车, 待冷却后再开车
35. 基础或基座的刚度不够或不牢固 (产生机房近处的共振现象, 电动机和风机整体振动, 而且在各种负荷情况时都是一样的)	基础灌浆不良, 地脚螺母松动、垫片松动、机座连接不牢固、联接螺母松动	查明原因后施以适当的修补和加固, 拧紧螺母, 填充间隙
	基础或机座的刚度不够, 促使转子不平衡度引起剧烈的强制共振	查明原因后施以适当的修补和加固, 拧紧螺母, 填充间隙
	管道未留膨胀余地与风机连接处的管道未加支持或安装固定不良	进行调整和修理, 加装支持装置
36. 风机内部有摩擦现象	叶轮歪斜与机壳内壁相碰撞或机壳刚度不够, 左右晃动	修理叶轮和推力轴承
	叶轮歪斜与进气口圈相碰	修理叶轮和进气口圈
37. 润滑系统不良 (轻微振动在运行中带有噪声且振动频率与转速不相符合)	油模不良, 给油不足, 轴承密封不良	查明原因、进行清洗, 和修理加润滑油
	轴承润滑油的入口油温过低 (水冷却过度)	调节冷却水量, 使油温升高到规定范围内
	润滑油质量差或不适宜于转速要求, 引起振动	调换优质油, 并定期化验
38. 轴承安装不良或损坏, 引起机械振动	轴与轴承歪斜, 主轴与直联电动机轴不同轴, 推力轴承与支承不垂直, 使磨损过多, 顶隙、侧隙和端隙过大, 引起振动	进行焊补或重新浇注
	刮研不良, 使接触弧度过小或接触不良, 上方及两侧有接触痕迹, 间隙过大或过小, 下半轴衬中分面处的衬油沟斜度太小, 引起振动	重新刮研找正
	表面出现裂纹、破损, 夹杂, 擦伤, 剥落, 溶化磨纹及脱壳等缺陷	重新浇注或补焊
	合金成分不良	重新浇注
39. 油脂质量过劣	油脂质量过劣或变质粘度过大或过小, 或杂质过多, 使轴承过热	更换润滑油脂
	润滑油含过多水或抗乳化度较差, 使轴承过热	更换润滑油脂

故障特征	故障原因	故障识别和排除方法
40. 轴衬安装不良或损坏	轴承与轴的安装位置不正使轴衬磨损或损坏，使轴承过热	重新找正
	轴承与轴承箱孔之间的过盈太小或没有间隙而松动，或轴承箱螺栓过紧或过松，是轴衬与轴的间隙过小或过大	调整轴承与轴承箱孔间的垫片和轴承箱盖与座之间的垫片
	滚珠轴承损失，轴承保护架与其他机件相碰撞引起轴承过热	修理或更换滚动轴承
41. 主轴弯曲过大	由于基础下沉不均，使轴与轴衬因摩擦过热而弯曲。或由于振动使轴受撞击处金属松弛而弯曲 焊补或焊接（焊接轴）由于局部过热而弯曲 由于运输和长期保管时搁置不当（如轴部分着地或搁置的地方不平）由本身质量而产生弯曲	轴弯曲度如超过 0.5 ~ 1mm 时应进行校正或更换新轴
42. 轴颈表面磨损	因润滑不良而磨损过多 轴承安装歪斜，轴承螺栓松弛，轴弯曲或转子的动不平衡过大等，使轴颈受不均匀的摩擦而产生椭圆度和圆锥度 润滑油带进金属砂屑使轴颈被擦伤和磨出沟槽	磨损量大于 1mm 时，可进行车削或磨削，并利用修补巴氏合金来补偿，如大于 1mm 时，则应焊补，然后切削修复
43. 主轴表面受伤或损坏	外露表面受撞击和刻划，出现碰痕、划痕和磨痕等缺陷	用细油锉锉去，并用浸过油的砂布打光，如伤痕严重，或深度大于 1 ~ 2mm，面积大于 10mm ² 时，应更换新油
	外露表面未妥善维护出现锈迹	用细油锉锉去，并用浸过油的砂布打光，如伤痕严重（同上情况），应更换新油
	风机长期振动使轴的阶梯断面处产生龟裂或表面产生裂纹	如情况严重时，更换新油
44. 密封圈磨损	密封圈与轴不同轴，在正常运转中磨损 机壳变形，使密封圈一侧磨损 转子振动过大，其径向振幅之半大于密封权径向间隙 密封齿内进入硬质杂物，如金属屑，焊渣等 推力轴衬溶化，使密封圈与密封齿接触面磨损	先消除外部影响因素，然后更换密封圈，重新调整和找正密封圈的位置
45. 叶轮损坏或变形	叶片磨损，空心机翼形叶片被磨穿，灰粒进入叶片内，使叶轮失去平衡，产生振动 叶片表面或铆钉头腐蚀或磨损 叶轮变形后歪斜过大，使叶轮径向跳动或端面跳动超差	补焊或更换 如系个别损坏，更换个别零件，若过半损坏，则更换整个叶轮 卸下叶轮后，用铁锤校正，或将叶轮平放，压叶轮某侧边缘 用冲子紧住，如仍无效，则应更换铆钉



第四章 风机的故障排除

4-1 故障的检查准备工作

4-1-1 安全保护措施

在检查风机和系统前应把风机停下。在检查期间，风机必须断电，所有切断开关和其它控制机构电源开关都要按在“停止”位置上。如果这些设备不在风机旁边，则应在其现场放上写有“不要起动”的显眼的标牌。

4-1-2 影响系统性能的原因

- 1) 风机安装不良。
- 2) 在搬运或运输中碰坏。
- 3) 系统设计有问题。
- 4) 系统损坏。
- 5) 控制机构有毛病。
- 6) 风机选择不当。
- 7) 多种因素的综合影响。

4-1-3 系统检查表程序

1) 当风机叶轮按惯性运动停止时，看看该叶轮运转方向是否正确（图 4-1 和图 4-2）。

2) 要确保风机叶轮相对机壳的运转方向正确，并且不要装反了（图 4-1 和图 4-2）。

3) 对于带拖动风机

① 驱动轮和从动轮是否保持同轴，带轮的同轴不好会产生功率过大（电流值大）并使带轮发出尖叫声（图 4-3）

② 带是否松动，带松动能产生滑动导致噪声，并使其速度降低造成带轮、轴承、轴和电动机发热。带应拉紧，在运转 48 个 h 后，将使驱动带变松应调整一下。带绷紧会降低风机和电动机轴承的使用寿命。

③ 检查带轮是否已被磨损，如果磨损。要更换一套新的匹配带。检查气流表面（进风口、叶轮、叶片和机壳内之间的流道）的清洁度，气流表面如积存厚的灰尘，风机性能就会受到影响。

4) 检查在叶轮叶片、轮缘或轮盘处，以及入口或机壳中是否有擦伤、破损、孔、水点腐蚀或锈蚀，若有，应及时处理。

5) 是否有外来杂质积存在叶轮、壳体或管网中如有应及时除掉。

6) 盘管、加热器、过滤器、风筒等是否积满了很多灰尘，若有，应除净或更换。在弯管、挡板、过渡管路、调节风门、防护网中除掉无关的气流障碍物。

7) 与风机一起提供的全部部件是否已安装。

8) 在风机进口处是否存在气流障碍物。

9) 风机出口处的连接是否设计和安装得正确，风机出口障碍物或风筒舌头能对风机的排风量所产生的影响。

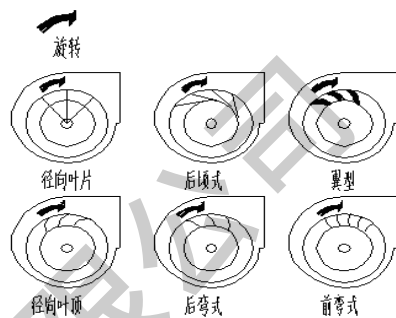


图 4-1 离心式叶轮形式

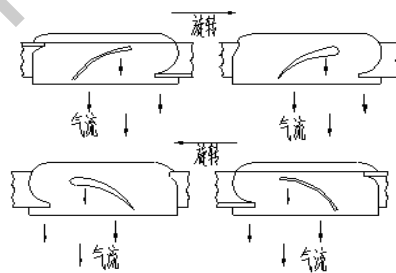


图 4-2 轴流式风机叶轮的旋转方向

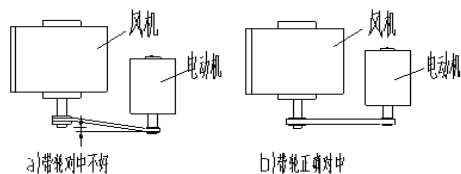


图 4-3 带轮的对中

4-2 故障的表现形式、判定及其排除

4-2-1 故障的表现形式及其判定 (表 4-1)

序号	故障的表现形式	故障的部位及其判定	
1	噪声过大	1. 叶轮碰到进口 1) 叶轮和进口不同轴 2) 进口损坏 3) 叶轮弯曲或损坏 4) 轴与轴承松动 5) 叶轮在轴上松动 6) 轴承在轴承支架上松动 2. 叶轮碰到蜗舌 1) 蜗舌在机体上没固定 2) 蜗舌损坏 3) 蜗舌定位不好 3. 驱动机构 1) 带轮在轴上没固定 (电动机、风机) 2) 带碰到带罩 3) 带太松, 运行 48h 后应再调整带 4) 带太紧 5) 带型不对 6) 带轮不同轴 7) 带磨损 8) 电动机、电动机底座或风机没有固定牢 9) 带油过脏、过多 10) 驱动机构选择不合适 11) 联轴器不平衡、不同轴、松动或需润滑 4. 轴承 1) 轴承有缺陷 2) 轴承需要润滑 3) 轴承架松动, 双列轴承架互撞 4) 轴承在轴上松动 5) 密封没调好 6) 轴承里有外来杂质 7) 轴承磨损 8) 滚动轴承内底圈和轴之间磨损腐蚀 5. 轴密封尖叫 1) 需要润滑 2) 密封间隙没调好 6. 叶轮 1) 叶轮在轴上松动 2) 叶轮有缺陷 3) 叶轮不平衡 4) 涂漆脱落 5) 由于磨料和腐蚀性材料通过了通道而造成的磨损 7. 机壳 1) 机壳中有外来的杂质 2) 蜗舌或其它部件松动 (在操作中有咔嚓声) 8. 电器方面 1) 引入电缆没固定好 2) 电动机或继电器中有电流声 3) 启动继电器发出嗡嗡声 4) 电动机轴承有噪声 5) 三相电动机缺相运转 9. 轴 1) 轴发生变形 2) 在轴上的两个或两个以上轴承不同轴 10. 气流速度过高 1) 使用的管网太小 2) 风机选择的太小 3) 使用的调节门和格栅太小 4) 使用的加热和冷却盘管表面积不够 11. 高速气流阻碍会产生咔嚓声或纯音响 1) 调节风门 2) 节流门 3) 格栅 4) 管道转弯太突然 5) 管网突然膨胀 6) 管网突然收缩 7) 导叶 12. 脉冲或喘振 1) 风机在非有效经济区运行 2) 使用的风机太大 3) 管路与风机振动频率相同 13. 穿过裂口、孔或通过障碍的气体速度 1) 管网泄漏 2) 盘管上有翅片 3) 调节门或格栅 14. 咔嚓声或隆隆声 1) 管网振动 2) 进气箱部件振动 3) 振动部件没有和厂房隔开	
2	气体流量不够	1. 风机 1) 前弯式叶轮安成后弯式 2) 风机反向转动 3) 叶轮与进口圈不同轴 4) 蜗舌没装好 5) 风机速度太低 6) 叶轮直径太小 2. 管网系统 1) 系统阻力过大 2) 风门关闭了 3) 调节门关闭 4) 进气管泄漏 5) 保温风筒衬松动 3. 过滤器有灰尘或被堵塞 4. 盘管有灰尘或被堵塞 5. 气体循环短路分隔风机出口 (压力区) 和进口 (吸入区) 隔板上的气室泄漏, 造成气流短路。 6. 风机出口处无直风筒 通常在管网系统中使用的风机是在风机出口处用一段直风筒试验。如在风机出口处无直风筒, 就会降低性能。如在风机出口处不能安装一段直风筒, 那么提高风机的转速就可克服这个压力损失。 7. 风机进口阻力过大 弯管、箱壁或其它障碍物阻碍了空气流动, 进口阻碍物使系统受限制。 8. 高速空气流的障碍 1) 风机出口处附近有障碍 2) 风机出口处附近有突然转弯的弯管 3) 转向叶片设计的不好 4) 在空气速度高的部分系统中有突出物, 风门或其它障碍物	
3	气体流量太大	1. 系统 1) 管网尺寸大 2) 检修门打开 3) 没安装调节门或格栅 4) 调节风门放到旁通管路 5) 过滤器没就位 2. 风机 1) 后倾叶轮装反 (功率变大) 2) 风机转速太快	



序号	故障的表现形式	故障的部位及其判定	
4	风机静压超限	任意测量点的动压都是空气及气体速度与其密度的函数。 该系统某个测量点的静压都是系统设计（气流阻力），空气密度和流经该系统的风量的函数。 在一个“松的”或过大系统中所测量的静压会小于同样流量在“紧的”或超小系统中所测量的静压。在多数系统中，压力测量可以表示出该装置是如何运行的。这些测量都是气流的测定结果，因此可用来说明系统特性下定义。 1. 系统、风机及其测量结果如风机装置的进口和出口工况和试验室的进口和出口工况不致的话，现场静压测量很少与试验室静压测量相一致。因此必须考虑系统效应 2. 系统中风机静压低流量偏高 系统所具有的气流	阻力比预期的小，这是常见的以降低风机转速来获得理想的流量，这就会减少功率消耗 3. 气体密度 在海拔高或气体温度高时压力就变小 4. 风机 1) 后倾叶轮装反了。功率就会升高 2) 风机转速过高 5. 系统静压低风机进口或出口条件和试验时的不一样 6. 系统静压高 1) 系统中有障碍物 2) 过滤器太脏 3) 盘管有灰尘 4) 系统阻力过大
5	功率超限	1. 风机 1) 后倾叶轮装反了 2) 风机转速过高 2. 系统 1) 管网过大，阻力偏小 2) 过滤器遗漏了	3) 检修门没关 3. 气体密度 根据轻气体（高温的）计算需要的功率值，但实际气体是重的（冷态开车） 4. 风机的选择 风机没有在高效率额定点上运行。风机尺寸或型号可能不是最好的
6	风机不能运行	机械、电器故障 1) 熔断器烧断了 2) 带断了 3) 带轮松了	4) 断电 5) 叶轮碰到了蜗壳 6) 电压不对 7) 电动机功率太小，且超载保护器已切断电源

4-2-2 故障排除

离心式通风机、轴流式通风机、离心式鼓风机和压缩机的性能故障、机械故障、机械振动、润滑系统故障和轴承故障等产生的原因和消除方法见表 4-2 ～表 4-4

表 4-2 性能故障分析及其消除方法

序号	故障名称	产生故障的原因	消除方法
1	压力过高，排出流量减小	1. 气体成份改变，气体温度过低，或气体所含固体杂质增加，使气体的密度增大。 2. 出气管道和阀门被尘土、烟灰和杂物堵塞。 3. 进气管道、阀门或网罩尘土、烟灰和杂物堵塞。 4. 出气管道破裂，或其管法兰密封不严密。 5. 密封圈损坏过大，叶轮的叶片磨损。	1. 测定气体密度，消除密度增大的原因。 2. 开大出气阀门，或进行清扫。 3. 开大进气阀门，或进行清扫。 4. 焊接裂口，或更换管法兰垫片。 5. 更换密封圈，叶片或叶轮。
2	压力过低，排出流量过大	1. 气体成分改变，气体温度过高，或气体所含固体杂质减少，使气体的密度减小。 2. 进气管道破裂，或其管法兰密封不严密。	1. 测定气体密度，消除密度减小的原因。 2. 焊接裂纹，或更换管法兰垫片。
3	通风系统调节失灵	1. 压力表失灵，阀门失灵或卡住，以致不能根据需要对流量和压力进行调节。 2. 由于需要流量小，管道堵塞，流量急剧减小或停止，是风机不稳定区（飞动区）工作，产生逆流反击风	机转子的现象。 1. 修理或更换压力表，修复阀门。 2. 如需要流量减小，应打开旁路阀门，或减低转速，如管道堵塞应进行清扫。
4	噪声大	1. 无隔音设施 2. 管道、调节阀安装松动。	1. 加设隔音设施 2. 紧固安装

序号	故障名称	产生故障的原因	消除方法
5	风机压力降低	1. 管道阻力曲线改变,阻力增大,通风机工作点改变。 2. 通风机制造质量不良,或通风机严重磨损。 3. 通风机转速降低。 4. 通风机在不稳定区工作。	1. 调整管道阻力曲线,减小阻力,改变通风机工作点。 2. 检修通风机。 3. 提高通风机转速。 4. 调整通风机工作区。

图 4-3 机械故障分析及其消除方法

序号	故障名称	产生故障的原因	消除方法
1	叶轮损坏或变形	叶片表面或铆钉头腐蚀或磨损。 铆钉和叶片松动。 叶轮变形后歪斜过大,使叶轮径向跳动或端面跳动过大。	如系个别损坏,应更换个别零件如损坏过半,更换叶轮。 用小冲子紧住,如仍无效,则需更换铆钉。 卸下叶轮后,用铁锤矫正,或将叶轮平放,压轮盘某侧边缘
2	机壳过热	在阀门关闭的情况下,风机运转时间过长。	停车。待冷却后再开车
3	密封圈磨损或损坏	密封圈与轴套不同轴,在正常运转中被磨损。 机壳变形,使密封圈一侧磨损。 转子振动过大,径向振幅之半大于密封径向间隙。 密封齿内进入硬质杂物。如金属、焊渣等。 推力轴衬溶化,使密封圈与密封齿接触而磨损。	先清除外部影响因素,然后更换密封圈,重新调整和找正密封圈的位置。
4	带滑下或带跳动	两带轮位置没有找正,彼此不在同一条中心线上。 两带轮距离较近或带过长。	重新找正带轮 调整带的松紧度,其方法,或者调整两带轮的间距,或更换适合的带。

图 4-4 机械振动分析及其消除方法

序号	原因	特征	振动的原因分析	消除方法
1	转子静不平衡与动不平衡	风机和电动机发生同样一致的振动,振动频率与转速相符合	1. 轴与密封圈发生强烈的摩擦,产生局部高热,使轴弯曲。 2. 叶片质量不对称,或一侧部分叶片被腐蚀或磨损严重。 3. 叶片附有不匀称附着物,如铁锈、积灰或焦油等。 4. 平衡块质量与位置不对,或位置移动,或检修后未找平衡。 5. 风机在不稳定区(即飞动区)工况下运转,或负荷急剧变化。 6. 双吸风机的两侧进风量不等(由于管道堵塞或两侧进气口挡板调整不当)	1. 应换新轴,并需同时修复密封圈。 2. 更换坏的叶片,或调换新的叶轮,并找平衡。 3. 清除叶片上的附着物。 4. 重找平衡,并将平衡块固定牢固。 5. 开大闸阀或旁路阀门,进行调节。 6. 清扫进气管道灰尘,并调整挡板使两侧进气口负压相等
2	轴安装不良	振动为不定性的,空转时轻,满载时大(可用减低转速方法查出)	1. 联轴器安装不正,风机轴和电动机轴中心未对正,基础下降。 2. 带轮安装不正,两带轮轴不平衡。 3. 减速机轴与风机轴和电动机轴在找正时,未考虑运转时位移的补偿量,或虽考虑但不符合要求	1. 进行调整,重新找正。 2. 进行调整,重新找正。 3. 进行调整,留出适当的位移补偿余量。
3	转子固定部分松弛,或活动部分间隙过大	发生局部振动现象,主要在轴承箱等活动部分,机体振动不明显,与转速无关,偶有尖锐的破击声或杂音	1. 轴衬和轴颈被磨损造成油间隙过大,轴衬和轴承箱之间紧力过小或有间隙而松动 2. 转子的叶轮,联轴器或带轮与轴松动 3. 联轴器螺栓松动,滚动轴承的固定圆螺母松动。	1. 焊补轴衬合金,调整垫片,或刮研轴承箱中分线 2. 修理轴和叶轮,重新配键 3. 拧紧螺母。



序号	原因	特征	振动的原因分析	消除方法
4	基础或机座的刚度不够或不牢固	生产邻近机房的共振现象，电动机和风机整体振动，而且在各种负荷情形时都一样	1. 机房基础的灌浆不良，地脚螺母松动，垫片松动，机座连接不牢固，联接螺母松动。 2. 基础或机座的刚性不够，促使转子的不平衡度引起强烈的共振。 3. 管道未留膨胀余地，与风机连接处的管道未加支持或安装和固定不良。	1. 查明原因后，施以适当的修补和加固，拧紧螺母，填充间隙 2. 进行调整和修理，加装支撑装置。
5	风机内部有摩擦现象	发生振动不规则，且集中在某一部分。噪声和转速相符合，在启动和停车时，可以听见风机内部金属乱碰声。	1. 叶轮歪斜与机壳内壁相碰，或机壳刚度不够，左右晃动。 2. 叶轮歪斜与进气口圈相碰。 3. 推力轴衬歪斜、不平衡或磨损。 4. 密封圈与密封齿相碰。	1. 修理叶轮和推力轴衬。 2. 修理叶轮和进气口圈。 3. 修补推力轴衬。 4. 更换密封圈，调整密封圈和密封齿间隙。

结束语：本手册由安徽庐风风机有限公司负责解释，我公司保留对手册更新的权利。