

电站锅炉风机选型和使用导则

中华人民共和国能源部 1992-05-16 批准

1992-11-01 实施

1 主题内容与适用范围

本导则规定了电站锅炉通风机(简称风机)的设计、制造、选型、安装、运行、验收及风机进出口管道设计的基本要求。

本导则适用于电站锅炉的送风机、引风机、一次风机、排粉风机(煤粉风机)、烟气再循环风机。磨煤机用的密封风机及回收风机应参照使用。

循环流化床锅炉风机另行规定。

2 引用标准

GB 1236—85 通风机空气动力性能试验方法

GB 10178—88 通风机现场试验

GB 2888—82 风机和罗茨鼓风机噪声测量方法

JB 2977—81 风机与罗茨鼓风机名词术语

JB 4326—86 电站轴流式风机

JB 4358—86 电站锅炉离心式送风机和引风机

SDJ 1—84 火力发电厂设计技术规程

GBJ 49—83 小型火力发电厂设计规范

SDJ 245—88 电力建设施工及验收技术规范(锅炉机组篇)

3 定义和术语

3.1 通风机

进口介质为标准空气，全压 $p_{tF} < 15\text{kPa}$ 的风机称为通风机。

3.2 标准空气

其密度 $\rho = 1.20\text{kg/m}^3$ 。

3.3 通风机流量(q_V)

通风机流量是在通风机进口处介质密度下的容积流量。

3.4 通风机全压(p_{tF})

通风机出口截面与通风机进口截面全压之差。

3.5 通风机动压(p_{dF})

通风机动压是风机出口截面平均速度的动压。

3.6 通风机静压(p_{sF})

通风机静压是通风机全压与通风机动压之差。

3.7 通风机静压升(p_{sF})

通风机静压升是通风机出口静压 p_{s2} 与风机进口静压 p_{s1} 之差，即

$$\Delta p_{sF} = p_{s2} - p_{s1}$$

3.8 电动机功率 P_{shd}

电动机功率是从电动机轴输出的功率。

3.9 通风机轴功率(P_{sh})

通风机轴功率是传给通风机主轴的机械功率。

3.10 通风机有效功率(P_e)

通风机有效功率是单位时间内传给气体的有效功。

3.11 通风机全压效率()

通风机全压效率是通风机有效功率与通风机轴功率之比。

3.12 喘振与失速界限

离心风机的喘振界限是在不同转速下或不同入口调节门开度下,靠近压力曲线峰值的点的连线。该点对应于风机稳定运行的最小流量点。轴流风机的失速界线是在不同叶片角度下,压力曲线上接近峰值的点的连线。该点对应于气流流过叶片没有分离时风机可以运行的最小流量点。通风机不应在喘振区、失速区域运行。

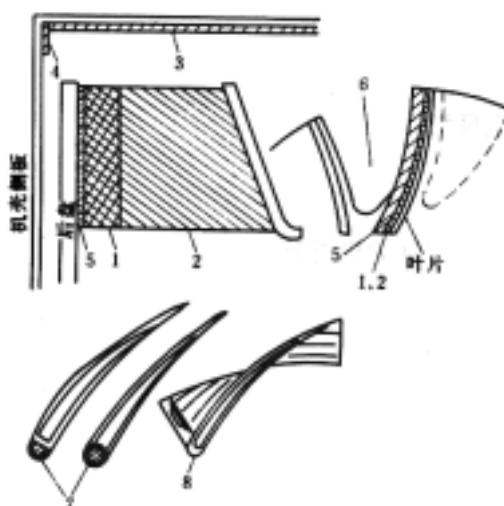


图 1 防治各种磨损与腐蚀的衬垫

- 1—局部叶片衬垫；2—整个叶片衬垫；3—蜗壳衬垫；4—机壳侧板衬垫；
5—后盘/中盘衬垫；6—切割后的中盘；7—可更换的翼型前缘构件
(离心式风机)；8—可更换的翼型前缘构件(轴流式风机)

3.13 温度(t)

3.13.1 最高设计温度

最高设计温度是在规定的时间间隔内,风机可以运行的最高温度。

3.13.2 设计温度

设计温度是风机可以连续运行的气体最高温度。

3.13.3 运行温度

运行温度是风机在正常条件下运行的气体温度。

3.14 防磨衬垫(图 1)

3.14.1 局部叶片衬垫

局部叶片衬垫是钢制的狭窄零件。安装在靠近后盘或中盘的地方，防止叶片局部磨损。

3.14.2 叶片衬垫

叶片衬垫是与通风机叶片有同样尺寸和形状的钢制零件，用以防止叶片磨损。它应能在不拆出叶轮的情况下进行更换。

3.14.3 蜗壳衬垫

蜗壳衬垫附加在通风机蜗室内，用于防磨和防腐。

3.14.4 机壳侧板衬垫

机壳侧板衬垫是一狭窄的金属条，固定在与蜗壳相连的机壳侧板上。

3.14.5 后盘/中盘衬垫

后盘/中盘衬垫是一些狭窄的金属条，固定在叶轮后盘/中盘上接近叶片的地方。

3.14.6 可更换的翼型前缘构件

它是附加在机翼型叶片前缘的金属构件，以防止翼型前缘磨损。

3.14.7 锯齿形中盘

中盘可以在未装叶片的地方切去，以防止中盘在该部位磨损。按这种方法制造的中盘称为锯齿形中盘。

3.15 当量直径 D_e

边长为 a 和 b 的矩形管道的当量直径 $D_e = \sqrt{\frac{4ab}{\pi}}$ 。

3.16 通风机系统

系统是从一处或多处向另一处或多处输送空气或气体而设计的一系列风筒、管路、弯管和支管。通风机提供了克服系统气流阻力必须的能量，并使空气或气流通过系统。

典型系统的组件有：吸风口，格栅，扩散器，过滤器，加热和冷却装置，空气污染控制装置，燃烧器，烟、风道及各种风门，混合器，消声器，管网和有关配件。

3.17 系统曲线

系统曲线是某个系统的压力对容积流量特性的图解。

3.18 系统效应

通风机的性能受其进、出口连接管道的影响。如果出口连接不当，进口气流不均匀，以及通风机进口处存在涡流，则将改变通风机的空气动力特性，降低通风机的性能。系统布置对风机性能的影响称为系统效应。

3.19 冷一次风机

输送常温空气至制粉系统的风机称冷一次风机。

3.20 热一次风机

输送经过锅炉空气预热器加热后的热空气至制粉系统的风机称热一次风机。

3.21 噪声

噪声是弹性介质传播的压力、应力、质点位移、质点速度等的反复变换或这种变换的迭加。

3.21.1 分贝(dB)

分贝是表示一个数量与基准量之比的对数值，是无量纲量。

3.21.2 声压级(L_p)

声压级以分贝表示，它是声压 p (Pa)与基准声压之比的常用对数乘以 20，基准声压为 2×10^{-5} Pa，即

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{2 \times 10^{-5}} \quad (1)$$

3.21.3 声功率(W)

声功率是声源在一个周期内，平均每单位时间内发射出的声能。

3.21.4 声功率级 (L_w)

声功率级以分贝表示，它是声功率 W (W)与基准声功率之比的常用对数乘以 10，基准声功率为 10^{-12} W，即

$$L_w = 10 \lg \left(\frac{W}{10^{-12}} \right) \quad (2)$$

3.21.5 倍频程带

倍频程带是两个相邻频率之比为 2 所确定的频程，即满足

$$\log_2 \left(\frac{f_2}{f_1} \right) = 1$$

的频带。

式中： f_2 ——频带的上限截止频率，Hz；

f_1 ——频带的下限截止频率，Hz。

频带的几何中心频率

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} = \sqrt{2} f_1 = \frac{f_2}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

3.21.6 A 声级(L_A)

A 声级是用声级计或用与此等效的测量仪器经过 A 计权网络指出的噪声级。

3.21.7 比 A 声级(L_{SA})

比 A 声级是单位流量、单位全压时的 A 声级。

$$L_{SA} = L_A - 10 \lg [q v (p_r / 9.8)^2] \quad \text{dB(A)} \quad (4)$$

式中： L_{SA} ——比 A 声级，dB(A)；

L_A ——A 声级，dB(A)；

$q v$ ——流量， m^3/min ；

P_t ——全压, Pa。

4 设计与制造

4.1 风机的设计必须符合 GB3235—82《通风机基本型式、尺寸、参数及性能曲线》的要求。

4.2 离心式送风机和引风机的设计制造必须符合 JB 4358—86《电站锅炉离心式送风机和引风机》的规定。

4.3 轴流式送风机、引风机和冷一次风机的设计和制造必须符合 JB 4326—86《电站轴流式风机》的规定。

4.4 离心式冷一次风机的设计和制造必须符合 JB 4358—86《电站锅炉离心式送风机和引风机》中对送风机的规定。

4.5 离心式热一次风机设计进口气体温度为 250 , 允许最高进口气体温度不超过 300 , 气体的含尘浓度不超过 100mg/m³。其设计和制造应按 JB 4358—86《电站锅炉离心式送风机和引风机》中对引风机的规定。进口气体温度超过 300 时, 应按高温风机进行设计和制造。

4.6 煤粉风机(排粉风机) :

4.6.1 煤粉风机输送的介质是含煤粉量不大于 80g/m³ 的空气(钢球磨中储式制粉系统的乏气)。其设计进口气体温度为 70 , 允许最高进口气体温度为 150 。

4.6.2 除适用条件和叶轮使用时间外, 煤粉风机的设计和制造必须符合 JB 4358—86《电站锅炉离心式送风机和引风机》中对引风机的规定。

4.6.3 煤粉风机的蜗壳必须装设蜗壳衬垫以减轻蜗壳磨损。

4.6.4 煤粉风机的叶轮必须采取适当的防磨措施, 如加装叶片衬垫或局部叶片衬垫、后盘衬垫、喷焊耐磨材料等, 以减轻叶轮磨损提高使用寿命。

4.6.5 煤粉风机的叶轮在含粉浓度符合要求的情况下, 其使用寿命不少于 8000h。如果煤粉的磨损指数特别高, 使用时间不能达到 4000h 时, 供需双方就应协商采取其他措施延长叶轮使用时间。

4.6.6 负压直吹式制粉系统的排粉风机, 其输送的介质为含煤粉 300 ~ 500g/m³ 的空气。设计时应采取特殊的防磨措施, 其叶轮的使用寿命不得少于 4000h。

4.7 烟气再循环风机 :

4.7.1 烟气再循环风机输送的介质为含灰量不大于 20g/m³、温度不高于 400 的热烟气。

4.7.2 除适用条件和叶轮使用时间外, 烟气再循环风机的设计和制造必须符合高温风机的要求。

4.7.3 烟气再循环风机的机壳和叶轮必须采取防磨措施以减轻磨损, 延长风机的使用寿命。

4.7.4 烟气再循环风机的轴承需设专门的隔热和冷却装置, 以改善轴承的工作条件。

4.7.5 烟气再循环风机的叶轮, 在烟气含灰量符合要求的情况下, 其使用寿命不得少于 4000h。

4.8 密封风机应由制造厂配备进口过滤器。

4.9 风机应设有必要的自保护装置, 如轴承的温度和断油保护, 轴流式风机的喘振保护等。

4.10 采用水冲洗叶轮及机壳时, 在机壳底部应设有排水口, 且底部应敷设防腐垫层, 如瓷砖等。

5 风机的选择

5.1 风机台数的选择

5.1.1 对容量为 50 ~ 600MW 的汽轮发电机组，其锅炉风机台数的选择应符合 SDJ 1—84《火力发电厂设计技术规程》的规定。

a. 一次风机的台数不少于 2 台，不设备用。

b. 排粉风机的台数应与磨煤机台数相同。

c. 每台锅炉应装设 2 台送风机和 2 台引风机。经技术经济比较，也可采用 2 台以上的引风机。

d. 中速磨正压直吹式制粉系统的密封风机，每台锅炉不应少于 2 台，其中 1 台为备用。当每台磨煤机均设有密封风机时，密封风机可不设备用。

5.1.2 对容量为 6.5 ~ 35t/h 的燃煤锅炉，其风机台数的选择应符合 GBJ 49—83《小型火力发电厂设计规范》的规定，即每台锅炉设置送风机和引风机各 1 台。

5.1.3 容量为 65t/h 的锅炉，每炉应装设 1 台送风机和 1 台引风机。

5.1.4 容量为 130t/h 的锅炉，每炉应装设 1 台送风机和 2 台引风机。但燃油燃气负压锅炉应装设 1 台送风机和 1 台引风机。

5.2 风机风量和压头裕量的确定

5.2.1 对容量为 50 ~ 600MW 的汽轮发电机组，其锅炉风机的风量和压头裕量应符合 SDJ 1—84《火力发电厂设计技术规程》的规定。

5.2.2 对容量为 6.5 ~ 35t/h 的燃煤锅炉，其送风机和引风机的风量和压头裕量应符合 GBJ 49—83《小型火力发电厂设计规范》的规定。

5.2.3 按引进技术进行设计者，应按引进国家的标准确定裕量。

5.3 风机型式的选择

5.3.1 送风机和引风机型式的选择应按 SDJ 1—84《火力发电厂设计技术规程》的要求进行。

5.3.2 风机型式的选择应使风机保证达到烟、风、煤粉管道计算中确定的设计参数——风量、风压(包括系统效应和富裕量在内)，而且运行时消耗的电量小，维护方便。详见第 10 章和附录 A。

5.3.3 风机型式的选择应使设计参数点落在风机效率曲线的最高效率区。其效率通常应不低于风机最高效率值的 90%。

5.3.4 在选择离心风机时，设计点尽可能接近导向器全开时的风量-压力曲线。

5.3.5 在选择轴流风机时，设计点应落在相应最大效率工况时调节器再向开大方向调节 10° ~ 15° 的曲线上。以便锅炉机组在低于额定工况运行时，风机仍在最高效率区内运行。

5.3.6 对于给定的参数，当可以选择几种不同型式的风机时，应根据锅炉机组的年负荷曲线、风机耗电、调节效率、设备造价、维护费用及其他因素进行综合技术经济比较来选择。

5.4 风机转速的选择

选择燃煤锅炉的引风机时，为减小磨损，所采用的转速不宜大于 1000r/min。对多管式除尘器，前弯叶片风机的转速不宜大于 600r/min，后弯叶片风机的转速不宜大于 750r/min。

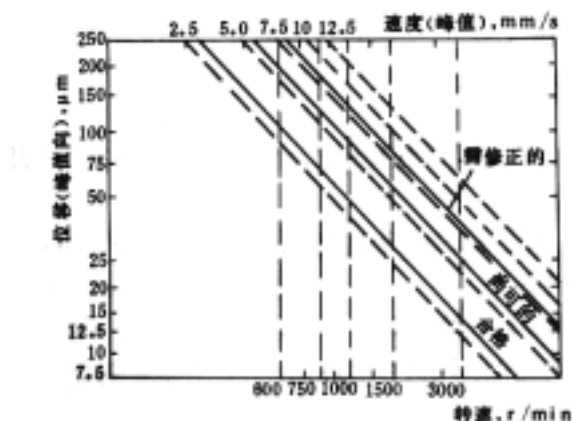


图 2 振动等级

5.5 离心式送、引风机调节方式的选择

5.5.1 离心式送、引风机一般选用入口导向器进行调节。

5.5.2 对带基本负荷的 200MW 以上机组的送、引风机宜采用入口导向器调节，通过比较认为合理时可选用双速电机，且风机在低速档运行时，应能满足机组额定负荷的要求，并处于高效区运行，以降低电耗。

5.5.3 对调峰机组的送、引风机，经过技术经济比较，也可采用变速调节装置进行变转速调节。

6 风机的安装

6.1 风机的安装应按照制造厂提供的

有关安装图纸及使用说明书中的要求进行。

6.2 除风机安装后的振动等级外，风机的安装应符合 SDJ 245—88《电力建设施工及验收技术规范(锅炉机组篇)》中第七章(锅炉辅助机械)第一节(一般规定)、第二节(机械安装通则)和第四节(风机)的规定。

6.3 新风机安装后的振动等级受旋转组件的残余不平衡量(平衡质量)、基础刚度、阻尼及风机和原动机的对中等因素的影响。为使风机安全运行，在轴承箱的水平和垂直中心线上测量的正常振动的等级应在图 2 的范围内。

7 风机的运行

7.1 单台风机的运行

7.1.1 离心式风机

离心式风机一般选择在风机特性曲线最高效率点附近的稳定区域运行，如图 3 上的 A 点。这样沿着同一系统阻力曲线，当流量减小时，都能保证风机运行稳定，如 B、C、D 点。

不允许风机在 A1 点左侧运行，因为可能导致脉动、振动并可能引起喘振。

7.1.2 轴流式风机

轴流式风机与离心式风机相类似，对于每一给定的叶片角度，均有一对对应于产生失速的最小流量。风机特性曲线存在一较大的失速区，如图 4 所示。如果风机选择在 A 点运行，则沿着不变的系统阻力曲线，流量的任何变化都将产生稳定的运行条件(如 B、C、D)。

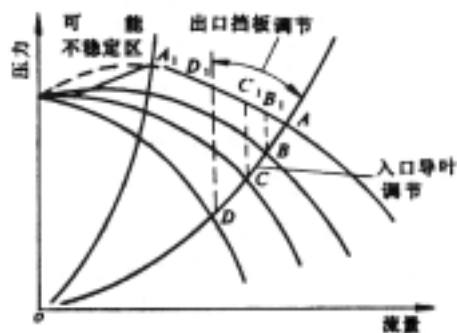


图 3 典型离心风机性能曲线

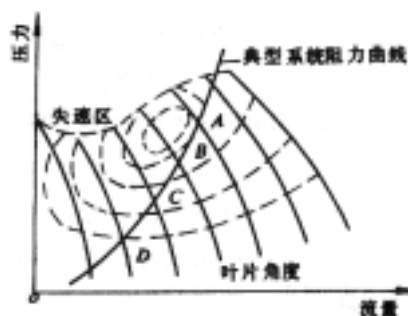


图 4 典型动叶调节轴流风机性能曲线

如果风机被强制在失速区域运行，则可能产生剧烈的振动，造成风机损坏。

系统阻力计算的误差、系统调节门关闭不当，以及系统因积灰阻塞等原因都会引起风机在任意给定叶片角度下进入失速区域运行。为此，除要求在风机选型设计时留有足够的压力裕量外，还应保证风机在任何角度下运行的最小流量必须大于该角度下的失速流量的 5% ~ 10%。

7.2 风机的并联运行

7.2.1 离心式通风机的并联运行

图 5 示出了两台后弯式离心风机并联运行的典型特性曲线。两台风机并联运行点是 C 点，但每台风机是在各自性能曲线的 A 点上运行。每台风机所需功率为 D 点。如果一台风机停止运行，则另一台风机运行点将沿着特性曲线下移到 B 点，与管路系统阻力相匹配。与此同时，风机的功率逐渐上升到 E 点。如果不是后弯叶片风机，则功率可能明显增大，应谨慎防止电动机超载。

停用的风机(下称第二台)再次启动时，风机的隔离门和入口调节门均应关闭，以减少启动时间和启动功率，以及降低最大电流。但如果由于上述风门的泄漏而造成风机在启动前反转时，则启动应特别谨慎，防止启动时间过长而损坏电动机。

当第二台风机启动达到全速时，它将在自己的特性曲线上 F 点运行。两台并联风机的压力应相等，实际上第二台风机运行在 G 点，FG 垂直距离为挡板损失。当第二台风机挡板逐渐打开时，它的运行点将沿着曲线 GA 移动。与此同时第一台风机的运行点将沿着它的性能曲线 BA 移动，直至第二台风机挡板全开。两台风机同时在 A 点运行时，实现两台风机的并联运行。

此时如果系统流量 需要改变，则两台风机应同时进行调节。

7.2.2 轴流式通风机的并联运行

图 6 示出了两台动叶调节轴流风机并联运行的典型特性曲线。两台风机并联运行点是 C 点，但每台风机是在各自性能曲线的 A 点上运行。一台风机运行并保持同样的叶片角度时，运行点将移到 B 点(最大叶片角度取决于电动机的容量)。当要启动第二台风机时，其隔离门应关闭，叶片角度(动叶调节时为动叶角度；入口导向叶片调节时为入口导叶角度)应调至最小。当隔离门打开时，风机将在 D 点运行。然后将第二台通风机的叶片角度调大，第一台风机的叶片角度调小，此时它们的运行点将分别沿着 DE 和 BE 线移动。在到达 E 点时两台风机并联。此后可以同步调节两台风机(它们将分别沿着自己的阻力线 EA 移动)至所需要的流量。

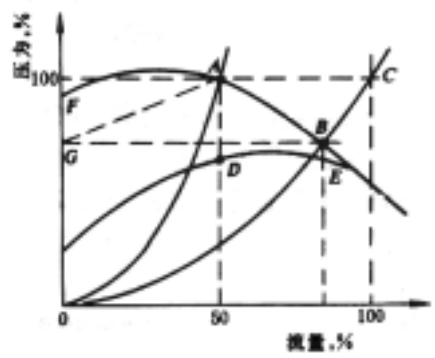


图 5 两台离心风机的典型并联特性曲线

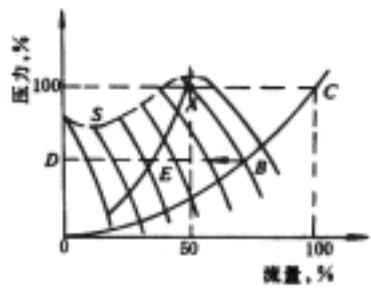


图 6 两台轴流风机的典型并联特性曲线

在任何情况下，当第一台风机运行时的压力高于第二台风机失速线的最低点 S 点的压力时，决不允许启动第二台风机进行并联。如需并联，则应降低第一台风机的出力，使 B 点的压力低于 S 点 后再启动第二台风机进行并联。如第一台风机的出力也因其他原因不允许减小时，则系统设计时应设有排大气风门或再循环旁路来解决(图 7)。

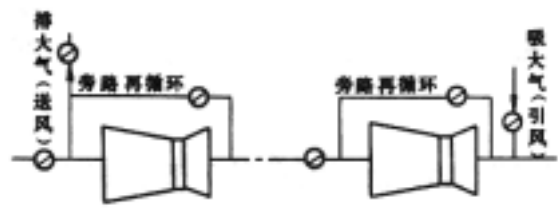


图 7 轴流风机防喘振旁路系统

7.3 编制风机运行操作规程

风机投运前，各电厂根据风机制造厂提供的资料和管网系统的具体条件，编制出具体的风机运行操作规程，作为运行人员操作、维护、检查的依据。

8 风机的噪声

8.1 风机噪声的测试方法按 GB 2888—82《风机和罗茨鼓风机噪声测量方法》进行。

8.2 风机噪声应符合 JB/TQn341—84《通风机噪声限制》的规定。通风机噪声在最高效率工况点的比 A 声级 L_{SA} 限制如表 1。

表 1

通 风 机 型 式	比 A 声级 L_{SA} dB(A)	测量部位
前向叶片离心通风机	< 27	进口
后向板型叶片离心通风机	< 30	出口
机翼型叶片离心通风机	< 25	出口
径向叶片离心通风机	< 25	出口
轴流通风机	< 38	出口

8.3 降低噪声的方法：

8.3.1 对于送风机和冷一次风机，可在风机进气箱前安装进口消声器，在机壳上敷设吸声材料进行隔声处理。

8.3.2 对排粉风机和热一次风机，可在机壳上进行隔声处理或采用隔声罩或隔声室。

8.3.3 对引风机，可在机壳上进行隔声处理。

9 风机的试验与验收

9.1 新设计的风机产品，转厂生产的老风机产品和有较大修改的老风机产品均需做空气动力性能试验。风机的空气动力性能试验应按 GB 1236—85《通风机空气动力性能试验方法》进行。这些试验需在行业管理部门指定的测试中心进行，或在该测试中心认可的试验台上进行。

9.2 对于大型风机，制造厂不具备条件时，可在安装现场进行空气动力性能试验。其试验方法按 DL 469—92《电站锅炉风机现场试验规程》进行。

9.3 风机特性参数的允差：

9.3.1 在给定转速下，设计流量点的全压误差不超过 $\pm 5\%$ 。

9.3.2 在给定转速下，设计工况点实际的效率与给定的效率之允差：在接近最高效率点处为 -3% ，在大于风机最高效率的 90% 范围内为 -5% ，其余范围不作考核。

9.4 每台风机安装好后均需进行不少于 8h 的机械运转试验。在机械运转试验过程中，待轴承温升稳定后测量轴承温度。滚动轴承的温升不得超过 40°C ，滑动轴承在进油温度为 $20\sim 40^\circ\text{C}$ 时，轴承温度不高于 75°C ，且不允许漏油。

9.5 风机在规定的转速下运转时，轴承部位的振动值应符合表 2 规定，应测量垂直、水平和轴向三个方向的振动值，并按三个方向测量的最大值进行考核。对于轴承安装在机壳内的风机，其振动值可在机壳上测量。

表 2

主 轴 转 速	< 500	< 600	< 750	< 1000	< 1500	< 3000
---------	-------	-------	-------	--------	--------	--------

图 8 示出了系统效应曲线。根据风机进口或出口速度和所采取的管路布置形式，即可查出对应的系统效应损失。

10.10.1 ~ 10.10.7 条列出了典型进、出口管路布置及其相应的系统效应曲线。如果一个系统包括多个产生系统效应的布置，那么每个布置的系统效应损失应分别确定，并将总的系统效应损失加到总的系统压力损失上。

系统效应曲线是按空气标准密度为 1.2kg/m^3 给出的。实际的系统效应损失可以按下式修正：

$$\text{实际系统效应损失} = \text{标准系统效应损失} \times \frac{\text{介质实际密度}}{\text{空气标准密度}}$$

10.10.1 出口管道的系统效应曲线：

图 9 示出距离心风机出口不同距离处的速度分布曲线。

通风机出口和管路间通常有一段扩散管，使出口气流膨胀，以回收静压，其转换效率取决于扩散管段的长度及通风机的通风面积与出口面积之比。

通风机的通风面积是通风机出口面积减去蜗舌的投影面积。如图 9。

通风机样本上的数据通常不包括通风面积与出口面积之比，应从通风机制造厂索取。

100% 有效管路长度的计算如下：气流速度小于或等于 12.5m/s ，有效管路长度为 2.5 倍管道直径(或当量直径)，气流速度每增加 5m/s ，增加一个管道直径，如气流速度为 25m/s 时，需要 5 个管道直径(或当量直径)。

表 3 列出了出口管路的系统效应曲线。

表 3

	无出口管 路	有效出口管路			
		12%	25%	50%	100%
压力回收	0%	50%	80%	90%	100%
$\frac{\text{通风面积}}{\text{出口面积}}$	系 统 效 应 曲 线				
0.4	P	$R-S$	U	W	—
0.5	P	$R-S$	U	W	—
0.6	$R-S$	$S-T$	$U-V$	$W-X$	—
0.7	S	U	$W-X$	—	—
0.8	$T-U$	$V-W$	X	—	—
0.9	$V-W$	$W-X$	—	—	—
1.0	—	—	—	—	—

10.10.2 出口弯管的系统效应曲线：

如果弯管必须位于通风机出口附近，那么这段弯管的曲率半径与管道当量直径之比应大于 1.5，而且其布置应利于输送尽可能均匀的气流，如图 10 所示。

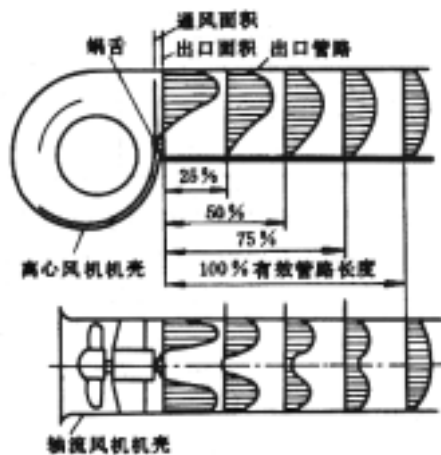


图 9 风机出口管道上气流均匀速度分布的形成

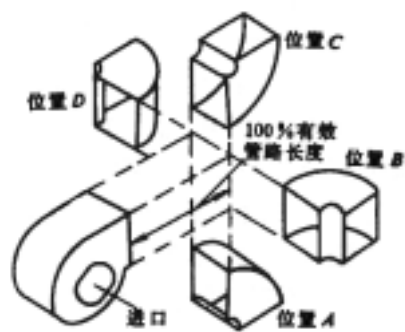


图 10 风机出口管路的弯管
(双吸离心风机)

表 4 给出了用来估算单吸离心风机出口处弯管效应的系统效应曲线。

为更好地应用系统效应曲线，风机出口弯管的位置应如图 10 所示。

表 4

通风面积 出口面积	出口弯管 位置	无出口 管 路	有 效 出 口 管 路				无系统效 应损失
			12%	25%	50%	100%	
			系 统 效 应 曲 线				
0.4	<i>A</i>	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>P—Q</i>	<i>S</i>		
	<i>B</i>	<i>M</i>	<i>M—N</i>	<i>O</i>	<i>R</i>		
	<i>C</i>	<i>L—M</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>		
	<i>D</i>	<i>L—M</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>Q</i>		
0.5	<i>A</i>	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>T</i>		
	<i>B</i>	<i>N—O</i>	<i>P—Q</i>	<i>P—Q</i>	<i>S</i>		
	<i>C</i>	<i>M—N</i>	<i>N—O</i>	<i>O—P</i>	<i>R—S</i>		
	<i>D</i>	<i>M—N</i>	<i>N—O</i>	<i>O—P</i>	<i>R—S</i>		

0.6	A	Q	Q—R	R—S	U
	B	P	Q	R	T
	C	N—O	O—P	P—Q	S
	D	O	P	Q—R	S—T
0.7	A	S—T	T	U	W
	B	R—S	S	T	V
	C		R	S	U—V
	D	Q—R	R—S	S—T	U—V
0.8	A	S	S—T	T—U	V—W
	B	R	R—S	S—T	U—V
	C	Q	Q—R	R—S	U
	D	Q—R	R	S	U—V
0.9	A	S—T	T	U	W
	B	R—S	S	T	V
	C	R	R—S	S—T	U—V
	D	R—S	S	T	V
1.0	A	R—S	S	T	V
	B	S—T	T	U	W
	C	R—S	S	T	V
	D	R—S	S	T	V

对于双吸风机，按表 4 查出系统效应曲线，然后用图 8 确定系统效应损失(p)，最后按图 10 确定的弯管位置用下面所列公式计算出双吸风机的系统效应损失。

弯管位置为 A 和 C 时，系统效应损失= $p \times 1.00$

弯管位置为 B 时，系统效应损失= $p \times 1.25$

弯管位置为 D 时，系统效应损失= $p \times 0.85$

10.10.3 进口弯管的系统效应曲线：

风机进口的弯管将造成气流不均匀，从而影响风机的性能。下面列出各种弯管的系统效应曲线。根据这些曲线和气流速度可从图 8 查出它们的系统效应损失。

10.10.3.1 无导流叶片的 90° 圆形弯管(图 11)的系统效应曲线，如表 5 所示。

10.10.3.2 应避免使用图 12 所示的长方形进口风筒。

10.10.3.3 不带导叶的各种斜接弯管的系统效应曲线(图 13)。

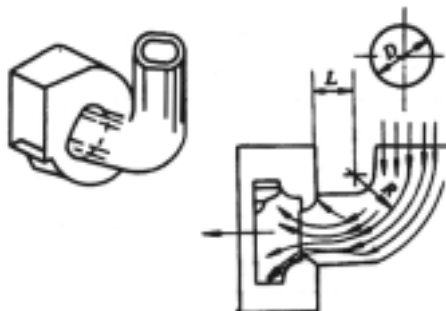


图 11 无导流叶片的 90° 圆形弯管

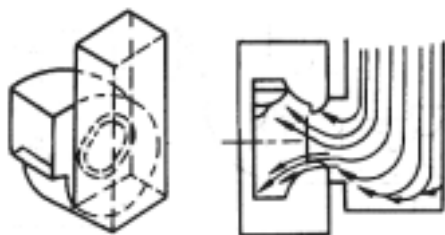


图 12 长方形进口风筒造成的风机进口不均匀气流

表 5

弯曲半径 R/D	风筒长度 L		
	0	$2D$	$5D$
0.75	$Q-R$	S	U
1.0	R	$S-T$	$U-V$
2.0	$R-S$	T	$U-V$
3.0	$S-T$	U	$V-W$

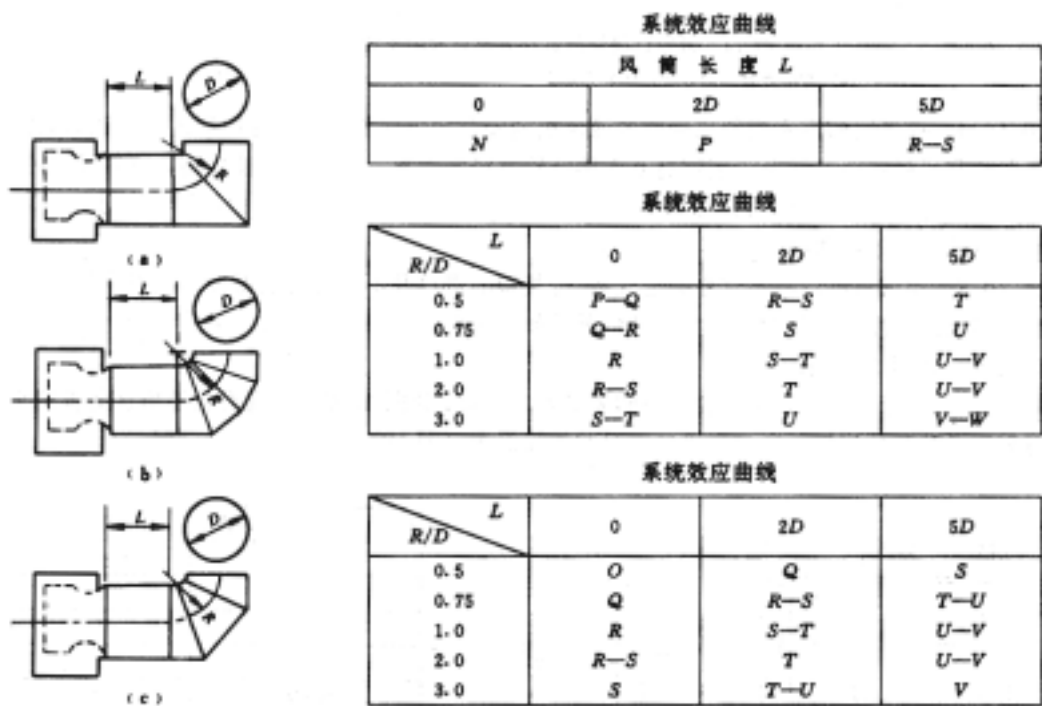


图 13 不带导叶的各种斜接弯管的系统效应曲线

(a)两段斜接 90° 圆形弯管；(b)四段或更多段斜接 90° 圆形弯管；

(c)三段斜接 90° 圆形弯管

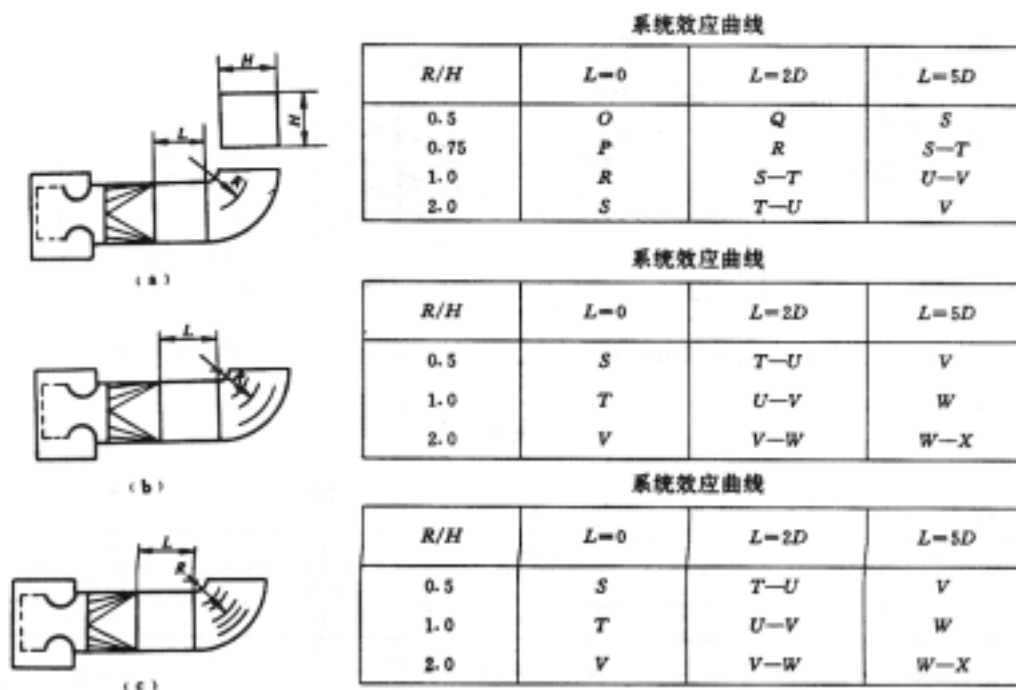


图 14 带进口接管的各种方形弯管的系统效应曲线

(a)方形直管—无导叶；(b)方形直管—3 个长导叶；(c)方形直管—短导叶

10.10.4 进气室和风室或紧靠墙壁的通风机的安装定位应使气流毫无障碍地流入进口，进气室壁和通风机进口之间至少应留有 0.5 倍叶轮直径的距离。为达到最佳性能，一般风机的进口与墙壁之间的距离至少为 1 倍叶轮直径。图 15 示出了位于进气室中的风机，并列出了受限制进口的系统效应曲线。

10.10.5 通风机进口与不对称的进气室、进气箱的进口及不对称的墙壁会形成不均匀的气流或进口涡流，系统设计时应避免这种情况。如不可能的话，则可安装一个分流板，以消除进口涡流，如图 16 所示。

10.10.6 有些常用的管接头也会引起风机入口涡流，如图 17 所示，应避免使用这些管接头。可采用导叶和分流板，来改变进口工况并消除涡流(图 18)。

风机进口距墙壁的距离 L 系统效应曲线

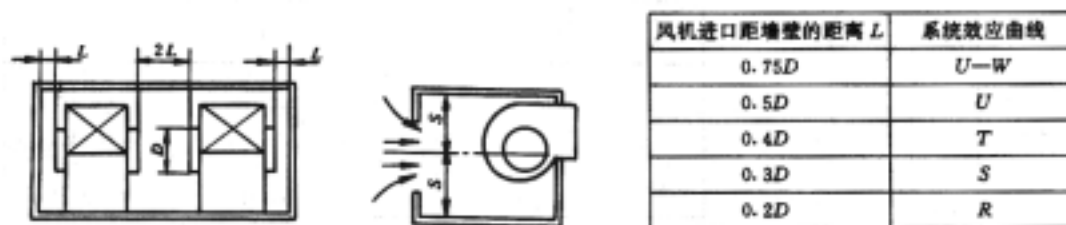


图 15 通风机进口距各个壁距离的尺寸系统效应曲线



图 16 风机进口不对称气流产生的涡流及其改善方法

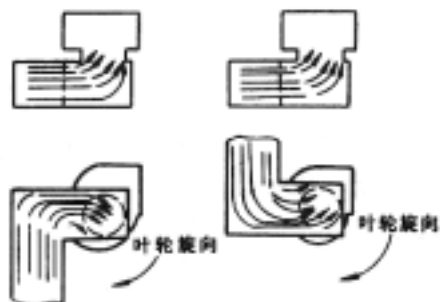


图 17 引起进口涡流的进口管接头

10.10.7 有障碍的进口：

当风机进口平面的气流受到阻碍时，会引起风机性能的降低。常常遇到的进口障碍有构件、立柱、蝶形阀、风门和管线等。

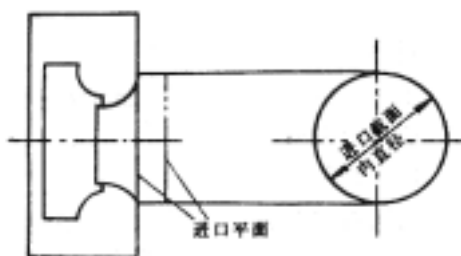


图 18 进口涡流的消除

通风机进口被阻碍的程度可用进口面积不受阻碍的百分比来表示。通风机进口面积用风机进口集流器的进口面积来表示(图 19)，将障碍的剖面图投影在进口剖面上，即可计算出进口面积不受限制的百分比。

进口有障碍的系统效应曲线示于图 19。系统效应损失根据修正后的气流进口速度在系统效应曲线(图 8)上查出。



图 19 进口有障碍的系统效应曲线

附录 A

正确选择风机的必要资料

(参考件)

为了选择最佳通风机，系统设计者或用户与风机制造厂之间应有良好的联系，取得下述必要的资料。

A1 一般资料

A1.1 锅炉台数

A1.2 每台锅炉的风机数量

A1.3 燃烧的燃料特性

A1.4 现场标高

A1.5 用途

A1.6 通风机的位置(室内或室外)

A1.7 通风机型号

A1.8 通风机的布置

A1.9 通风机调节方式(可调入口导叶，进气箱入口调节门，动叶调节，变速调节)

A1.10 由风机制造厂提供的附件(扩散器、消声器、驱动装置等)

A1.11 原动机

A1.12 通风机进口粉尘含量与颗粒尺寸

A1.13 锅炉负荷类型——基本负荷/峰值负荷

A1.14 锅炉的载荷系数

A1.15 地震/地震区域

A2 性能要求

A2.1 出力(设计最大出力、最大连续出力、低负荷)

A2.2 气体密度(kg/m^3)

A2.3 大气压(在工作现场)

A2.4 气体成分

A2.5 比热比

A2.6 进口容积流量(mm^3/s)

A2.7 进口管路静压(Pa)

A2.8 进口管路面积(m^2)，参见图 A1

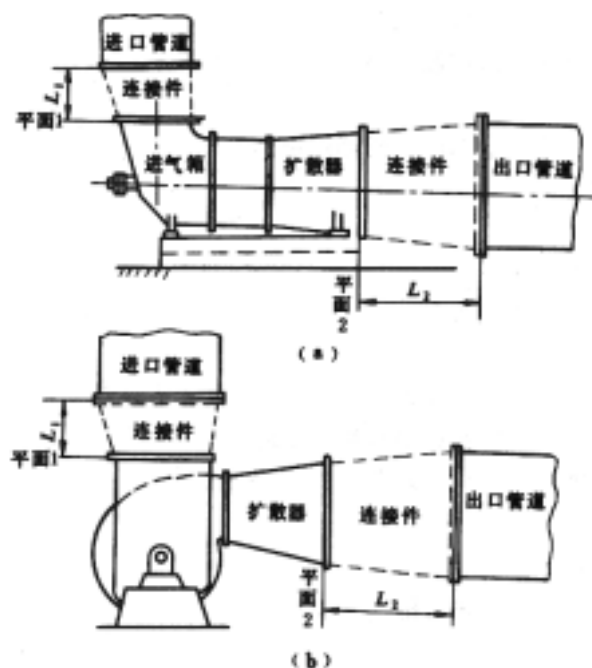


图 A1 风机各部位置的定义

(a)轴流风机；(b)离心风机

A2.9 出口管路静压(Pa)

A2.10 出口管路面积(m^2)，参见图 A1

A2.11 进出口管连接件的长度估算，参见图 A1

A2.12 进口温度(在所有运行点上)

A2.13 优先选用的通风机转速(r/min)

A2.14 扩散器的提供(有/无)

A3 结构和特殊要求

A3.1 旋转组件

A3.1.1 叶轮的型式(轴流式、离心式)

A3.1.2 叶片的型式(翼型、前弯型、后弯型、后向平板、径向)

A3.1.3 防磨、防腐措施

A3.1.4 叶轮与轴的最小第一阶临界转速

A3.1.5 最小设计共振转速

A3.1.6 设计与运行的峰值温度

A3.1.7 设计温度变化的预期值

A3.2 轴承

A3.2.1 优先选用的轴承型式(滚动轴承、滑动轴承)

A3.2.2 特殊的推力要求

A3.2.3 优先选用的轴承冷却

a.自然冷却

b.空气冷却

- c.水冷却
 - d.带有水冷或风冷的循环冷却
- A3.2.4 最高、最低循环温度
- A3.2.5 可用的最高与最低冷却水温度
- A3.2.6 冷却水的分析(沉积物、固体、盐分)
- A3.2.7 轴承轴封
- A3.2.8 温度感应装置(金属温度或油温度)
- A3.2.9 振动监控装置
- A3.3 支座与底盘
 - A3.3.1 单独的轴承支座
 - A3.3.2 安装在基础上的底盘
- A3.4 机壳与进气箱
 - A3.4.1 特殊材料与最低限度仪表
 - A3.4.2 法兰用螺栓或用密封焊接与管网连接
 - A3.4.3 在机壳与进气箱上的排水孔
 - A3.4.4 特殊的轴封
 - A3.4.5 磨损腐蚀的防护
 - A3.4.6 进气箱的方位,旋转与排气方向
- A3.5 联轴器
 - A3.5.1 联轴器的型号
 - A3.5.2 特殊联轴器的护罩
- A3.6 噪声的消减与供货者
 - A3.6.1 进口消声器
 - A3.6.2 出口消声器
 - A3.6.3 机壳的消声器
- A3.7 清洗叶轮装置
 - A3.7.1 清洗介质
 - a.空气
 - b.蒸汽
 - c.水
 - A3.7.2 可采用的清洗介质的压力与温度
- A3.8 特殊涂料的要求
- A4 声功率级的要求

附录 B

评定风机报价书的必要资料

(参考件)

通常,一台风机报价书包括有额定值及相应的性能曲线(参见图 B1),以及和结构主要方

风机性能曲线应包括的最少资料为规格、叶轮直径、型号、转速、进口密度、风机进口面积(平面 1)、风机出口面积(平面 2)、调节方法、对应性能参数的调节位置(即 a, b, c, d)、典型的布置方式、哪些附属设备损失已包括在性能参数之中及它们的量值大小(调节门、消声器等)。

买方：	报价书标记：
用户：	日期：
目的地：	
用途：	
锅炉数量：	
每台锅炉的风机数量：	
型式(型号/系列)：	布置：控制：

表 B1

风 机 转 速	设 计 点	最大连续出力	75%	50%
负荷				
质量流量 kg/h				
标高、海拔 m				
大气压 Pa				

进口密度	kg/m ³			出口温度(平面 2)		
进口容积流量	m ³ /min			风机全压(包括附件损失)Pa		
进口全压(平面 1)Pa				风机静压(包括附件损失)Pa		
进口静压(平面 1)Pa				风机轴功率	kW	
出口全压(平面 2)Pa				风机全压效率	%	
出口静压(平面 2)Pa				风机静压效率	%	

B3 噪声数据(表 B3)

估算的声压级	dB(A)	距通风机	m
1	75	1	1.5
2	75	1	1.5
3	75	1	1.5
4	75	1	1.5
5	75	1	1.5
6	75	1	1.5
7	75	1	1.5
8	75	1	1.5
9	75	1	1.5
10	75	1	1.5
11	75	1	1.5
12	75	1	1.5
13	75	1	1.5
14	75	1	1.5
15	75	1	1.5
16	75	1	1.5
17	75	1	1.5
18	75	1	1.5
19	75	1	1.5
20	75	1	1.5
21	75	1	1.5
22	75	1	1.5
23	75	1	1.5
24	75	1	1.5
25	75	1	1.5
26	75	1	1.5
27	75	1	1.5
28	75	1	1.5
29	75	1	1.5
30	75	1	1.5
31	75	1	1.5
32	75	1	1.5
33	75	1	1.5
34	75	1	1.5
35	75	1	1.5
36	75	1	1.5
37	75	1	1.5
38	75	1	1.5
39	75	1	1.5
40	75	1	1.5
41	75	1	1.5
42	75	1	1.5
43	75	1	1.5
44	75	1	1.5
45	75	1	1.5
46	75	1	1.5
47	75	1	1.5
48	75	1	1.5
49	75	1	1.5
50	75	1	1.5
51	75	1	1.5
52	75	1	1.5
53	75	1	1.5
54	75	1	1.5
55	75	1	1.5
56	75	1	1.5
57	75	1	1.5
58	75	1	1.5
59	75	1	1.5
60	75	1	1.5
61	75	1	1.5
62	75	1	1.5
63	75	1	1.5
64	75	1	1.5
65	75	1	1.5
66	75	1	1.5
67	75	1	1.5
68	75	1	1.5
69	75	1	1.5
70	75	1	1.5
71	75	1	1.5
72	75	1	1.5
73	75	1	1.5
74	75	1	1.5
75	75	1	1.5
76	75	1	1.5
77	75	1	1.5
78	75	1	1.5
79	75	1	1.5
80	75	1	1.5
81	75	1	1.5
82	75	1	1.5
83	75	1	1.5
84	75	1	1.5
85	75	1	1.5
86	75	1	1.5
87	75	1	1.5
88	75	1	1.5
89	75	1	1.5
90	75	1	1.5
91	75	1	1.5
92	75	1	1.5
93	75	1	1.5
94	75	1	1.5
95	75	1	1.5
96	75	1	1.5
97	75	1	1.5
98	75	1	1.5
99	75	1	1.5
100	75	1	1.5

表 B3

频率 f Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
声功率级 L_W dB								

进口消声器包括/不包括在上述估算中

出口消声器包括/不包括在上述的估算中

机壳的隔声包括/不包括在上述的估算中

B4 离心式风机的结构参数

B4.1 叶轮

直径		m
叶片型式	机翼型，后弯型等	
中盘/后盘的材质	厚度	mm
前盘材质	厚度	mm
叶片材质	厚度	mm
耐磨防护的材质	厚度	mm
轮毂材质		
轴的型式	等径的/锥型的	材质
在轮毂处的直径		mm
在轴承处的直径		mm
叶轮与轴的重量		kg
叶轮与轴的转动惯量		$\text{kgf} \cdot \text{m}^2$
叶轮与轴的第一阶临界转速		r/min

B4.2 轴承

直径	mm
型式(滚动轴承/滑动轴承)	
润滑(油环/循环油)	
冷却(空冷/水冷)	
循环油系统(包括/未包括)	

B4.3 轴承支座

材质
底座材质

B4.4 机壳与进气箱

蜗壳材质	厚度	mm
机壳侧板材质	厚度	mm
进气箱材质	厚度	mm
蜗壳衬垫材质	厚度	mm
机壳侧板衬垫材质	厚度	mm

B4.5 流量控制与调节门

进口导叶调节力矩(最大值)	N · m
进气箱调节门力矩(最大值)	N · m
出口调节门力矩(最大值)	N · m

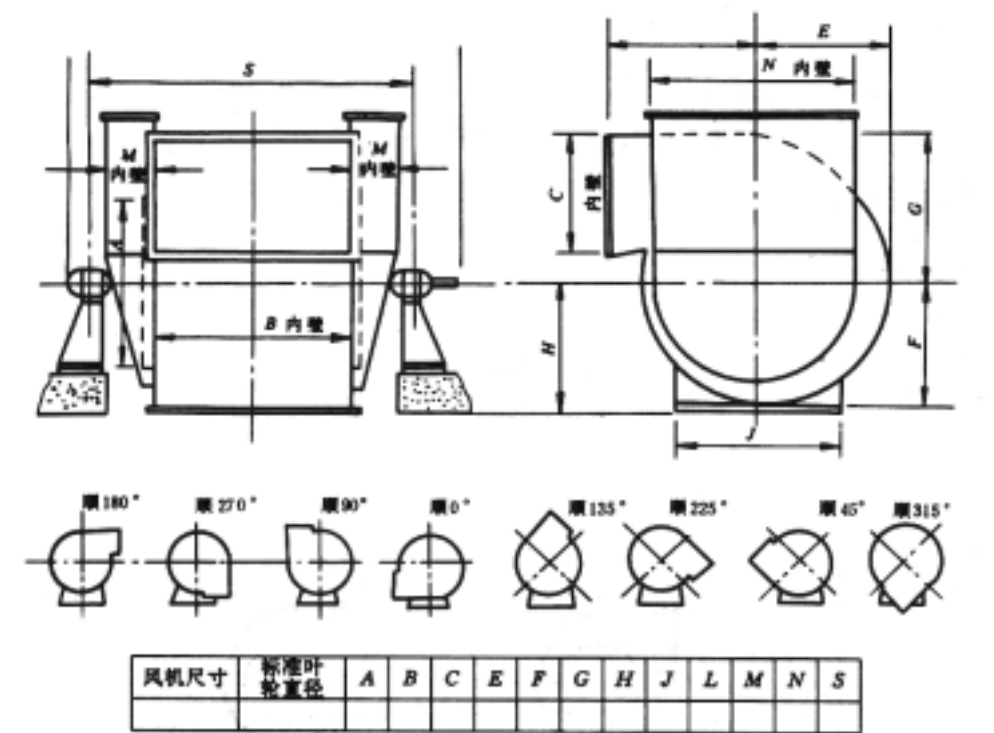


图 B2 离心风机典型的安装布置

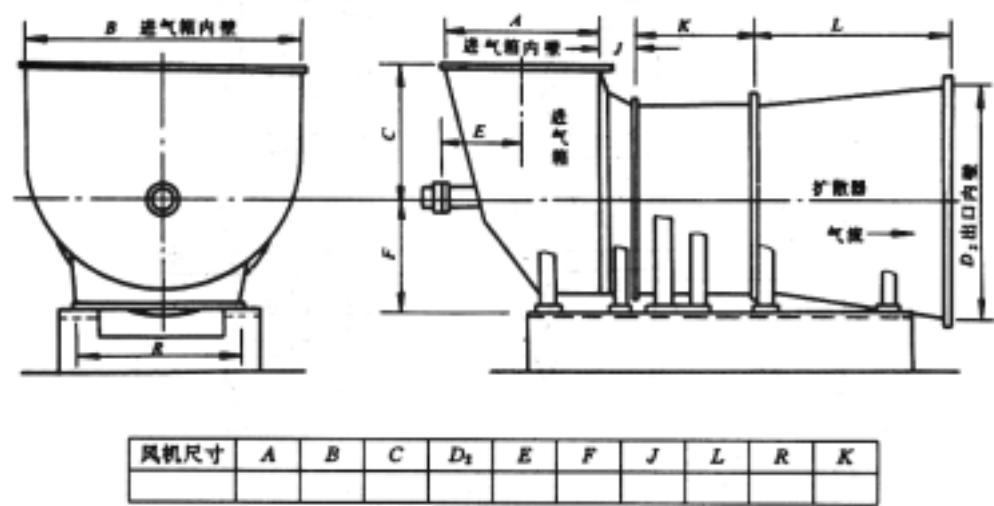


图 B3 轴流风机典型的安装布置

B4.6 绕性联轴器

制造厂
型号 规格

B4.7 特殊项目

B5 轴流式风机的结构参数

B5.1 叶轮

直径	mm	
叶片(固定的/可调的)		
叶片型式	翼型/平板型	
叶片材质		
叶片数		
轮毂材质	直径	mm
耐磨防护		
叶片材质厚度	mm	
轴材质厚度	mm	

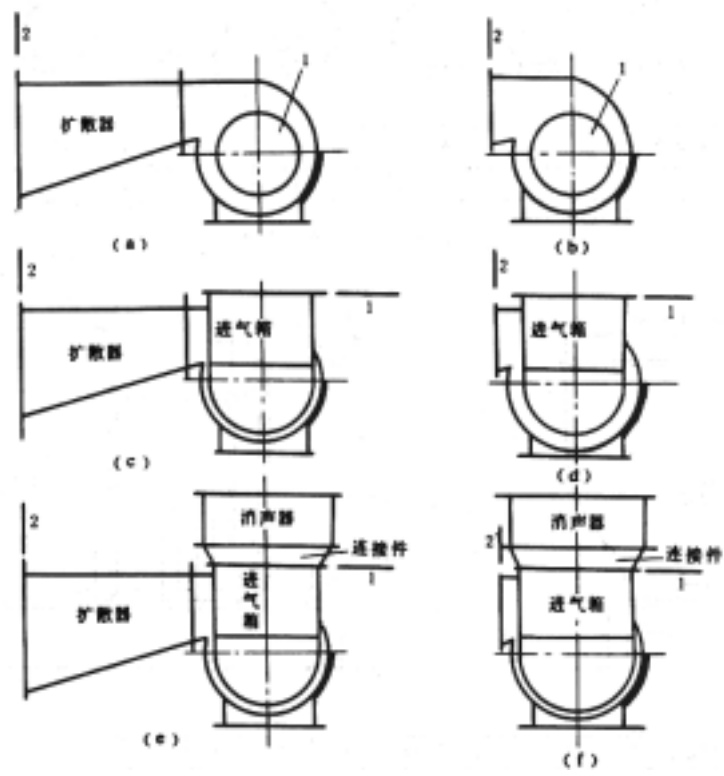


图 B4 风机辅助设备的典型布置(一)

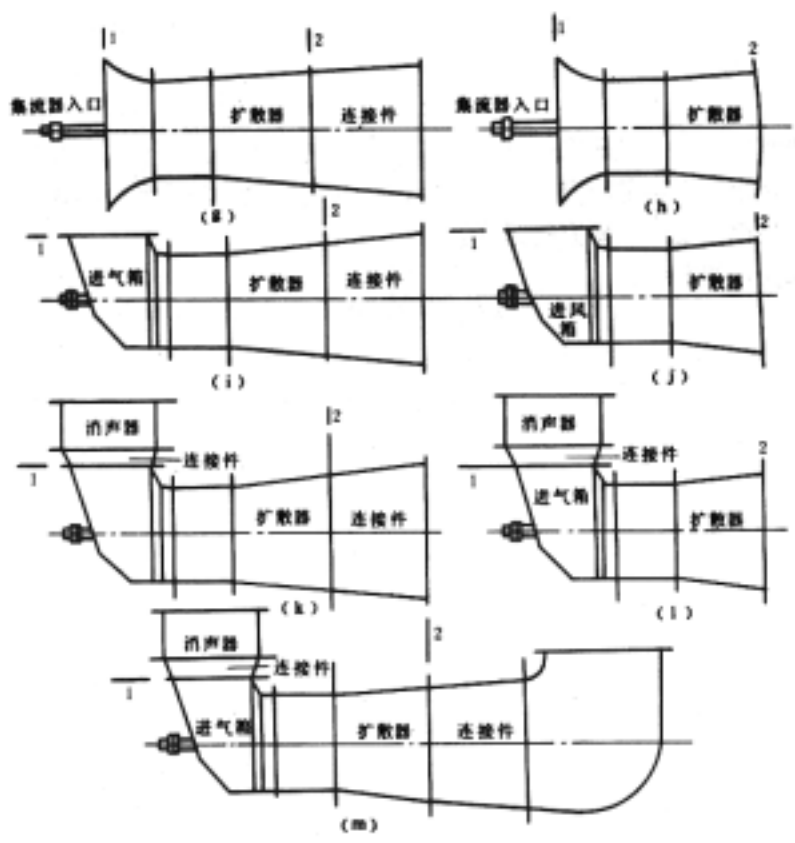


图 B4 风机辅助设备的典型布置(二)

叶轮与轴的重量	kg
叶轮与轴的转动惯量	$\text{kgf} \cdot \text{m}^2$
叶轮与轴的第一阶临界转速	r/min

B5.2 轴承

直径	mm
型式(滚动轴承/滑动轴承)	
润滑(油环/循环油)	
冷却(空冷/水冷)	
循环油系统(包括/未包括)	

B5.3 机壳与进气箱

进气箱材质厚度	mm
叶轮壳体的材质厚度	mm
扩散器的材质厚度	mm

B5.4 流量控制与调节门

动叶调节的启动力矩(最大值)	$\text{N} \cdot \text{m}$
进口导叶调节力矩(最大值)	$\text{N} \cdot \text{m}$

附加说明：

本标准由能源部西安热工研究所提出。

本标准由能源部西安热工研究所技术归口。

本标准由能源部西安热工研究所起草。

本标准起草人：刘家钰。