

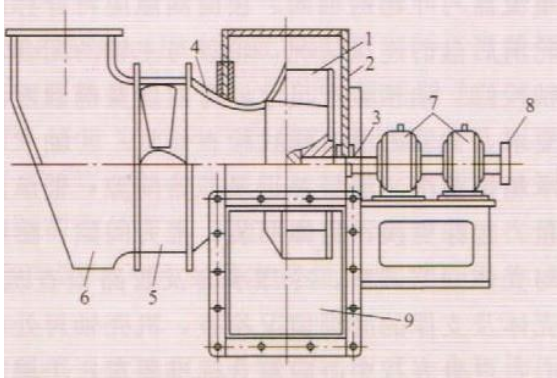
东南大学 考试卷 (A 卷)

课程名称	流体机械	考试学期	14-15-3	得分	
适用专业	热能工程	考试形式	半开卷	考试时间长度	120 分钟
(可带一张 A 4 纸的复习笔记)					

注：①本试卷题目中相关符号的含义、单位与教材中的相同。②本试卷计算中重力加速度  $g$  均取  $9.8\text{m/s}^2$ 。

1. 图形题 (2 小题, 15 分)

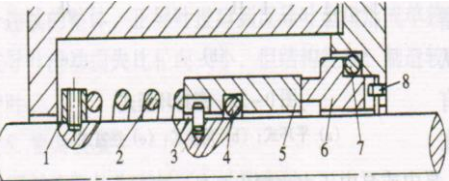
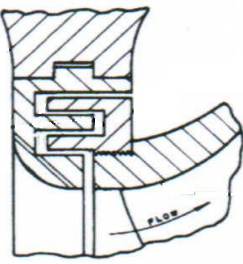
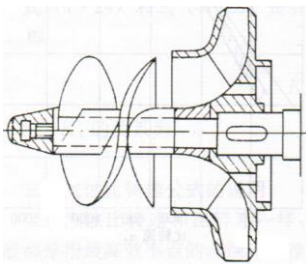
1-1. 下图为离心式通风机的结构示意图, 请用直线连接部件序号与部件名称。1 小题 1 分



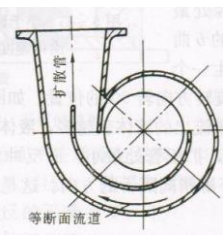
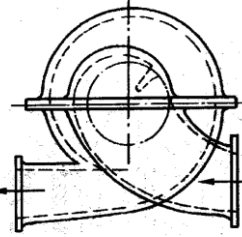
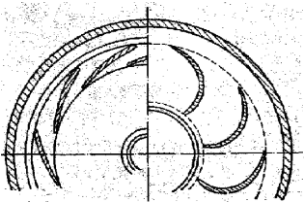
1	9 风机出口
2	6 进风室
3	2 机壳
4	4 集流器
5	8 联轴器
6	5 入口导流器
7	1 叶轮
8	7 轴承
9	3 主轴

1-2. 下图为泵与风机的一些部件的结构图或示意图, 请在各图下面 ( ) 中填写恰当的序号, 以说明该图为此序号所对应的部件的结构图或示意图, 序号选择范围如下: 1 小题 1 分

A.离心风机进口轴向导流器	B.泵叶轮进口密封部件	C.泵轴端填料密封部件
D.泵轴端机械密封部件	E.叶轮出口消旋导叶	F.防汽蚀的诱导轮
G.双重翼叶轮	H.超汽蚀叶轮	I.双层压水室
J.平衡鼓	K.多级泵级间导叶	L.环形吸入室
M.轴端填料密封	N.轴流式风机扩压筒	O.半螺旋形吸入室



( F ) ( B ) ( D )



( K ) ( O ) ( I )

自觉遵守考场纪律 如考试作弊 此答卷无效

姓名

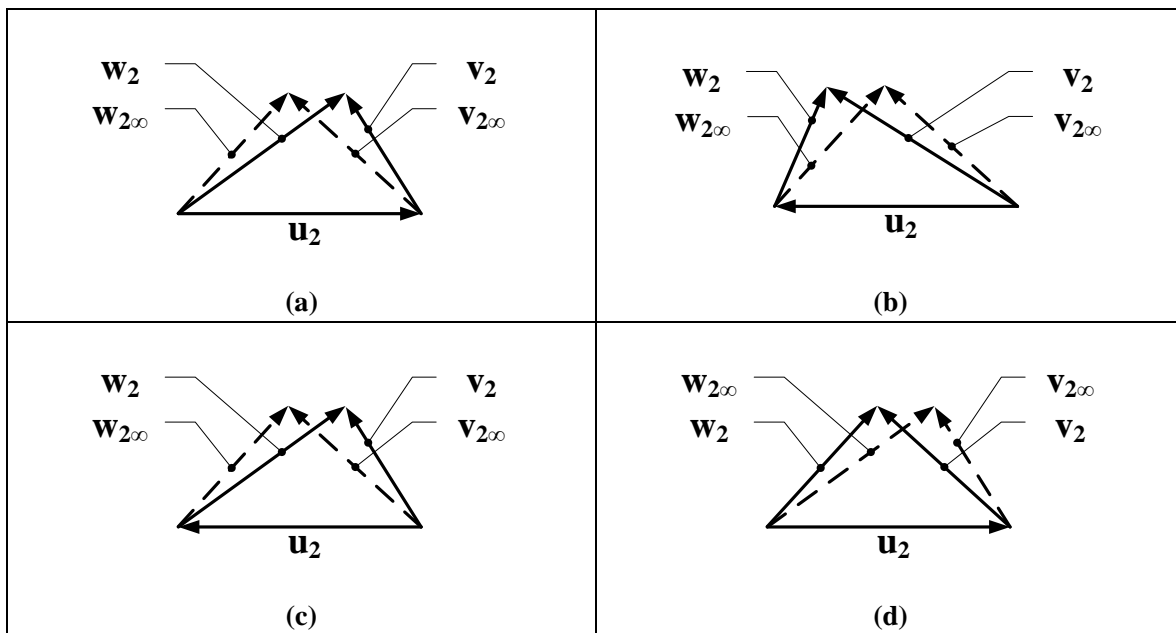
学号

2. 单项选择题（13 小题，26 分） 1 小题 2 分

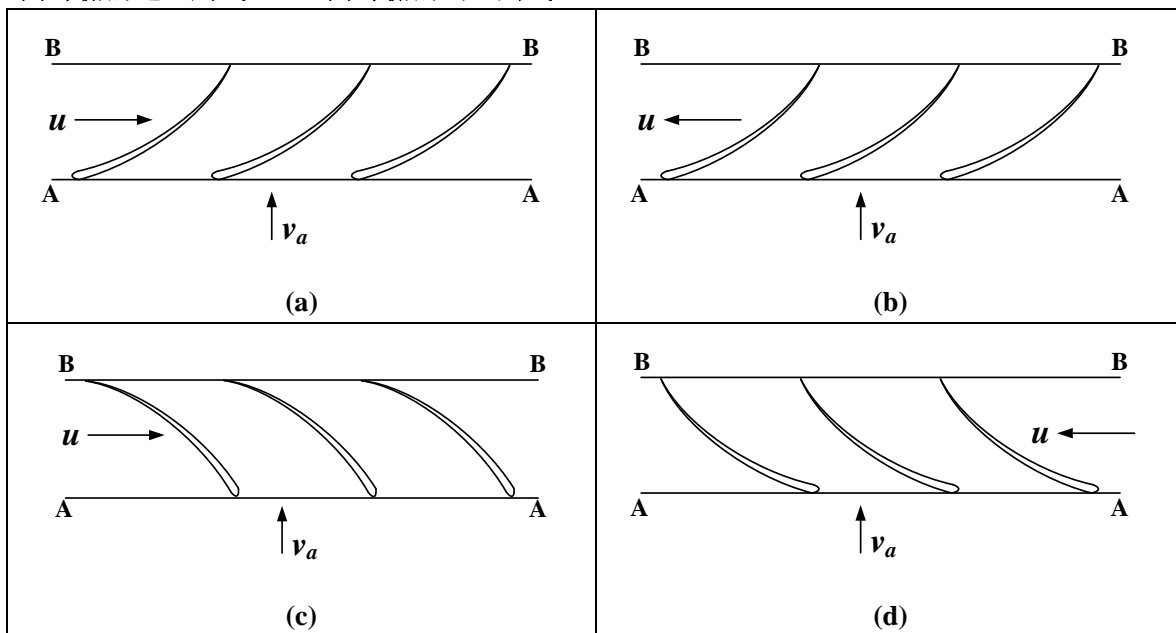
2-1. 下列公式中，正确表示泵的轴功率  $P$  是（ **d** ）。

(a)  $P = \frac{\rho q_v H}{1000\eta}$  kW; (b)  $P = \frac{g q_v H}{1000\eta}$  kW; (c)  $P = \frac{q_v H}{1000\eta}$  kW; (d)  $P = \frac{\rho g q_v H}{1000\eta}$  kW。

2-2. 反映相同流量下、叶片厚度为零，后弯式离心叶轮由无穷多叶片变为有限个叶片时，正确的叶轮出口速度三角形是（ **c** ）。



2-3. 下列四个图中，正确反映轴流式泵与风机叶轮的平面直列叶栅是（ **b** ），图中 A-A 为叶栅的进口列线、B-B 为叶栅的出口列线。



2-4. 已知某定速运行的泵，在抽送密度为  $1000 \text{ kg/m}^3$  的水时，其体积流量为  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为  $50 \text{ m}$ 。现用这台泵来抽送密度为  $800 \text{ kg/m}^3$  的油，泵体积流量不变，此时泵的扬程为（ **b** ）m。

(a)  $62.5 \text{ m}$ ; (b)  $50 \text{ m}$ ; (c)  $40 \text{ m}$ ; (d)  $37.5 \text{ m}$ 。

2-5. 离心泵叶轮的圆盘摩擦损失可用公式  $\Delta P_{df} = K \rho u_2^3 D_2^2$  计算,  $K$  为圆盘摩擦系数, 本题分析中取常数。根据该公式下列说法更为正确的是 ( **d** )。

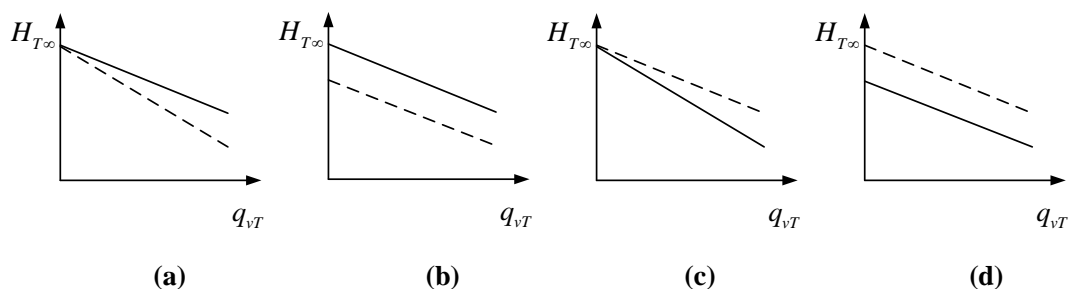
(a) 在获得相同的泵流量与扬程情况下, 为降低泵的流动损失, 增大叶轮外径比增大叶轮转速更为有利;

(b) 在获得相同的泵流量与扬程情况下, 为降低泵的流动损失, 增大叶轮转速比增大叶轮外径更为有利;

(c) 在获得相同的泵流量与扬程情况下, 为降低泵的机械损失, 增大叶轮外径比增大叶轮转速更为有利;

(d) 在获得相同的泵流量与扬程情况下, 为降低泵的机械损失, 增大叶轮转速比增大叶轮外径更为有利。

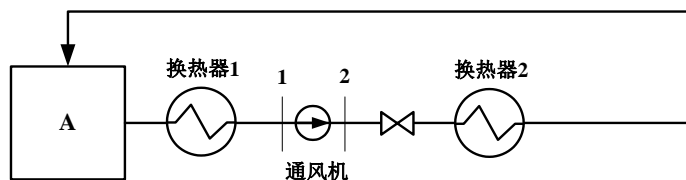
2-6. 对于无预旋、后弯式离心式叶轮, 仅增大叶轮外径 (转速、叶轮出口流道宽度、叶片出口安装角等不变), 下图中  $H_{T\infty} \sim q_{vT}$  关系曲线变化情况准确的是 ( **b** )。注: 下图中虚线代表较小的叶轮外径, 实线代表较大的叶轮外径。



2-7. 有一台小型卧式离心泵从一个处于饱和状态的容器中抽水 (即容器水面压力为水温对应的饱和压力), 容器水面压头为 8.0m, 已知该泵的  $[NPSH]$  为 1.5m, 泵的吸水管路阻力损失  $h_{w1}$  为 0.5m, 为有效避免发生汽蚀, 该泵至少应安装在容器水面下 ( **d** ) 处。

(a) 10.0 m; (b) 8.0 m; (c) 6.0 m; (d) 2.0m。

2-8. 有通风机的系统图如下图所示。容器 A 的压力为 -100Pa, 用 U 形管在风机进口处测得空气平均静压  $p_{1b}$  和平均动压  $p_{d1}$  分别为 -550Pa、150Pa; 风机出口处的平均静压  $p_{2b}$  和平均动压  $p_{d2}$  分别为 2000Pa、200Pa, 该通风机的全压为 ( **b** ) Pa。



(a) 2700 Pa; (b) 2600 Pa; (c) 2500 Pa; (d) 2400 Pa。

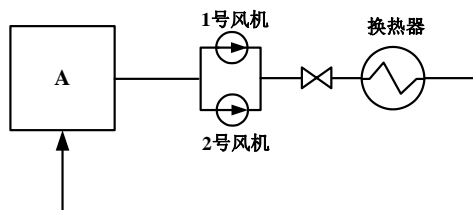
2-9. 如果汽蚀比转速、转数和流量相同, 双离心泵的  $NPSH_r$  是单吸离心泵的 ( **e** )。

(a) 0.5 倍; (b)  $(1/2)^{\frac{1}{2}}$  倍; (c)  $(1/2)^{\frac{1}{3}}$  倍; (d)  $(1/2)^{\frac{3}{2}}$  倍; (e)  $(1/2)^{\frac{2}{3}}$ 。

2-10. 为提高轴流式泵与风机翼型的效率, 在设计冲角时应使 ( **b** )。

(a) 升力最大; (b) 升力和阻力之比最大;  
(c) 阻力最小; (d) 升力和阻力大小相同。

2-11. 两台同性能通风机并联运行，系统图如下图所示（不考虑气体密度变化）。当两台并联运行时，每台风机的全压为 2500Pa，换热器的体积流量为 10000m<sup>3</sup>/h。则不作其它调整，单台风机运行时（ c ）。注：风机均工作在性能曲线的稳定区域。

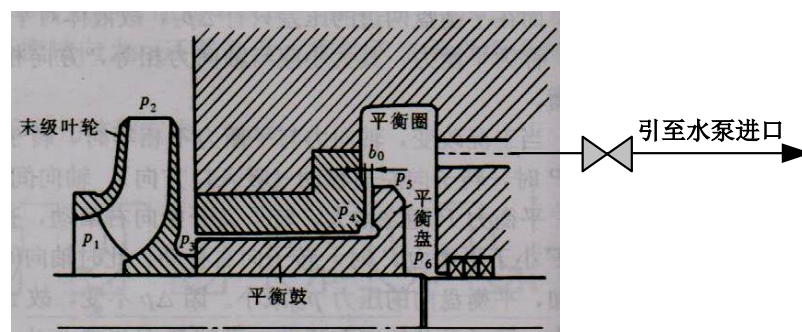


- (a) 换热器的体积流量等于 5000m<sup>3</sup>/h，该风机的全压等于 2500Pa；
- (b) 换热器的体积流量等于 5000m<sup>3</sup>/h，该风机的全压小于 2500Pa；
- (c) 换热器的体积流量大于 5000m<sup>3</sup>/h、小于 10000 m<sup>3</sup>/h，该风机的全压小于 2500Pa；
- (d) 换热器的体积流量大于 5000m<sup>3</sup>/h、小于 10000 m<sup>3</sup>/h，该风机的全压大于 2500Pa。

2-12. 当离心式通风机采用入口导流器调节时，风机工作点的改变是通过（ b ）实现。

- (a) 改变管路特性曲线；
- (b) 改变风机全压性能曲线；
- (c) 改变管路特性曲线和风机全压性能曲线；
- (d) 改变风机进口密度。

2-13. 某锅炉给水泵采用“平衡鼓与平衡盘组合装置”来平衡多级叶轮所产生的轴向推力，如下图所示。组合装置泄漏的给水主要通过管、阀引至给水泵进口。在相同的给水泵流量、扬程条件下，当图中阀门开度关小时，会引起平衡盘后的压力  $p_6$  升高，进而会引起（ b ）。



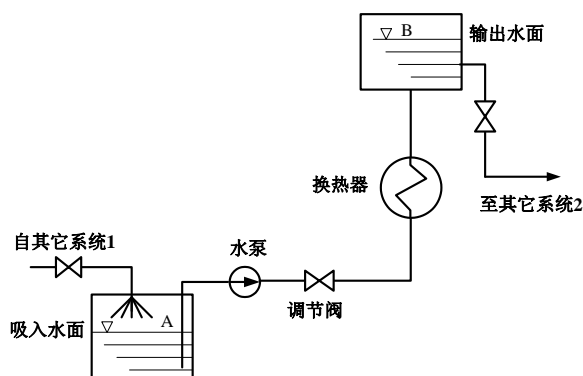
- (a) 平衡鼓的平衡力、平衡盘的平衡力、轴向间隙  $b_0$  均不变；
- (b) 平衡鼓的平衡力减小、平衡盘的平衡力增大、轴向间隙  $b_0$  减小；
- (c) 平衡鼓的平衡力增大、平衡盘的平衡力减小、轴向间隙  $b_0$  增大；
- (d) 平衡鼓的平衡力减小、平衡盘的平衡力增大、轴向间隙  $b_0$  增大。

3. 多项选择题（如超过正确选择数将倒扣分）（2 小题，12 分）每个正确答案的 1 分

3-1. 同比情况下，后弯式离心风机相对前弯式主要具有以下特点（ b、c、f、g ）。注：两种风机均为单级单吸、风机及叶轮结构除叶片形式外均相同、流量相同、转速相同、进口气流均无预旋、叶片出口安装角均在  $\beta_{2a\min} \sim \beta_{2a\max}$  之间。

- (a) 叶轮出口相对速度较小。
- (b) 叶轮出口绝对速度较小。
- (c) 叶轮反作用度较大。
- (d) 叶轮出口相对流动角较大。
- (e) 风机全压较高。
- (f) 风机效率较高。
- (g) 风机稳定工作区较宽。
- (h) 风机轴功率曲线随流量增大上升明显。

3-2. 某单级单吸、定速水泵的输送系统见下图（从吸入水面 A 泵送至输出水面 B），仅关小水泵出口的调节阀，管路中设备与管道的堵塞或结垢状况不变、吸入水面的压力与水位不变、输出水面的压力与水位不变，确定会发生的现象有（ b、d、f、g、h、j、k、l ）。注：调节阀关小前、后，水泵均在稳定区域工作。



- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| (a) 水泵效率会降低。       | (b) 水泵扬程会增大。          |
| (c) 水泵的机械损失功率值会降低。 | (d) 水泵容积损失对应的泄漏流量会增大。 |
| (e) 水泵几何安装高度会降低。   | (f) 叶轮的轴向推力会增大。       |
| (g) 水泵吸上真空高度会降低。   | (h) 水泵有效汽蚀余量会增大。      |
| (i) 水泵入口绝对压力会降低。   | (j) 水泵出口绝对压力会增大。      |
| (k) 换热器的水头损失会降低。   | (l) 调节阀的水头损失会增大。      |

#### 4. 计算题(3 小题, 47 分)

4-1. 某台单级双吸通风机，额定工况参数为：转速 960r/min，进口空气密度  $1\text{kg/m}^3$  时，风量  $40000\text{m}^3/\text{h}$  时，风机全压为  $4200\text{Pa}$ 。试计算这台风机的比转速。（5 分）

解：

$$n_y = \frac{n \sqrt{q_v}}{p_{20}^{3/4}} = \frac{960 \sqrt{40000/3600/2}}{(1.2 \times \frac{4200}{1})^{3/4}} = \frac{960 \times 200/60/1.414}{598.17} = 3.7827$$

(公式正确 2.5 分，考虑密度 2 分，计算正确 0.5 分)

4-2. 一台离心泵在额定转速  $n_e$  下，流量为  $1300\text{m}^3/\text{h}$  工况时，扬程为  $2600\text{m}$ 、效率为  $82\%$ 、 $\text{NPSHr}$  为  $40\text{m}$ 。计算转速为  $80\%n_e$  时、与上述工况相似工况的流量、扬程、轴功率、 $\text{NPSHr}$ （8 分）。注：计算中，认为相似工况点的效率相等，流体的密度取  $1000\text{kg/m}^3$ 。

解：

(2 分) 相似工况流量为  $q_{v80} = q_{ve} \times \frac{n_{80}}{n_e} = 1300 \times 0.8 = 1040 \text{ m}^3/\text{h}$

(2 分) 相似工况扬程为  $H_{80} = H_e \times (n_{80}/n_e)^2 = 2600 \times 0.8^2 = 1664 \text{ m}$

(2 分) 额定转速工况的轴功率  $P_e = \frac{\rho g q_v H}{1000 \eta} = \frac{1000 \times 9.8 \times 1300/3600 \times 2600}{1000 \times 0.82} = 11220 \text{ kW}$

(1 分) 相似工况轴功率  $P_{80} = P_e (n_{80}/n_e)^3 = 11220 \times 0.8^3 = 5744 \text{ kW}$

(1 分) 相似工况必需汽蚀余量为  $\text{NPSHr}_{80} = \text{NPSHr}_e (n_{80}/n_e)^2 = 40 \times 0.8^2 = 25.6 \text{ m}$

(计算错-0.5 分，不重复扣分)



4-3. 某锅炉送风系统简化为下图(a)所示, 两台送风机均为相同的动叶可调轴流风机, 额定转速为  $1000\text{r/min}$ , 单台风机的通用性能曲线如下图(b)所示。在锅炉 50% 负荷运行时, 电厂原采用两台风机并联运行方式, 此时每台风机的工作点为图(b)中 A 点, 流量为  $110\text{m}^3/\text{s}$ 、全压为  $1000\text{Pa}$ 。请完成下列计算和分析 (炉膛压力近似等于大气压力, 系统流动损失按与体积流量的平方关系考虑, 并忽略每台风机支路上的流动损失, 认为相似工况点的效率相等):

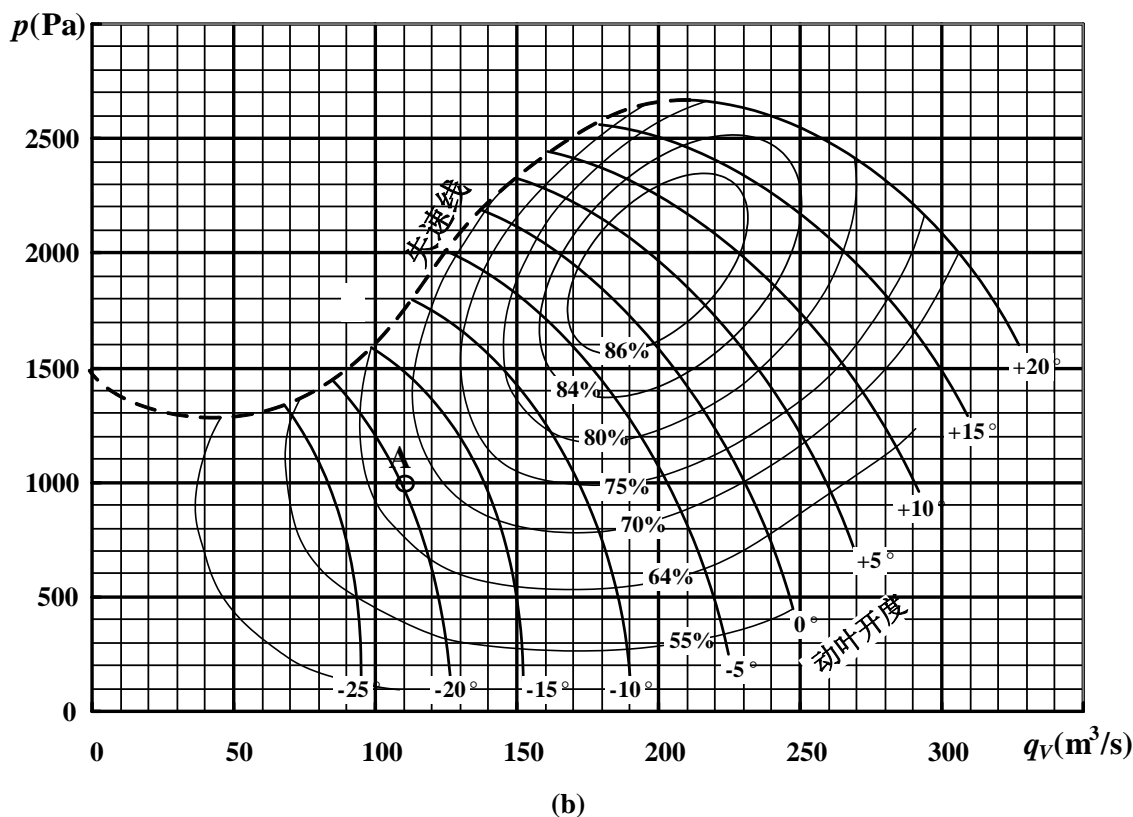
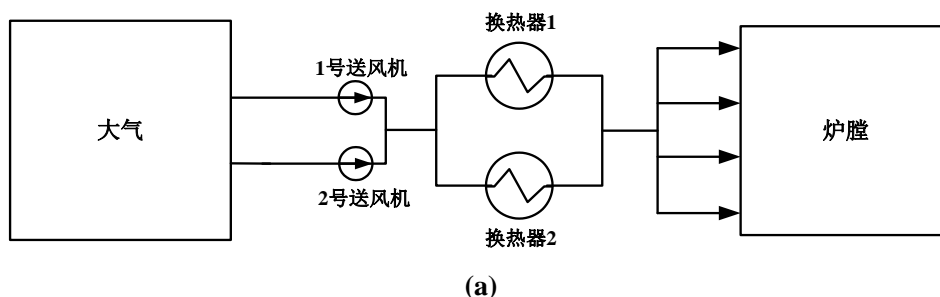
(1) 计算锅炉整个送风系统的管路特性曲线方程, 并在图中画出该管路特性曲线 (采用不少于 4 个坐标点的光滑连线绘制)。(6 分)

(2) 计算锅炉 50% 负荷、采用并联运行方式时两台送风机的总轴功率。(6 分)

(3) 如锅炉 50% 负荷时采用单台风机运行方式, 在图中标出单台风机运行的工作点, 查图确定风机的动叶角度应调整为多少? 计算该运行方式下送风机轴功率。(8 分)

(4) 问锅炉 100% 负荷 (总送风量是 50% 负荷的 1.5 倍)、风机并联运行方式时, 两台送风机的总轴功率为多少? (7 分)

(5) 对风机进行降转速改造, 降为  $750\text{r/min}$ , 问送风机采用并联运行方式, 分析锅炉 50% 负荷、100% 负荷时, 风机能否可靠工作? 如果能, 此时两台送风机的总轴功率为多少? (7 分)



解:

(1) 并联时的总流量为各风机流量之和, 扬程与单台风机工作点相同, 并联工作点 B(220,1000)。管路特性曲线过并联工作点 B(220,1000), 由此求出曲线系数

$$\varphi = \frac{p_A}{q_{VA}^2} = \frac{1000}{220^2} = 0.020661$$

管路特性曲线方程为

$$p_c = \varphi q_V^2 = 0.020661 q_V^2$$

计算曲线上 4 点

qv	qv	0	100	150	200	250
pc(qv)	pc	0	206.61	464.87	826.44	1291.31

绘制曲线

(并联工作点 3 分, 过 B 求  $\varphi$  公式 2 分, 计算点并画曲线 1 分, 系数计算错-0.5 分)

(2) 并联 50% 负荷时, 各风机效率查图得到为

$$\eta_A = 0.67$$

单台风机轴功率为

$$P_A = p_A q_{VA} / \eta_A = 1000 \times 110 / 0.67 = 164.18 \text{ kW}$$

总轴功率为

$$P_B = 2P_A = 2 \times 164.18 = 328.36 \text{ kW}$$

(效率点及效率值 2 分, 单台轴功率公式及计算 3 分, 总轴功率 1 分, 计算错-0.5 分, 不重复计)

(3) 单台运行 50% 负荷时的工作点的流量为  $220 \text{ m}^3/\text{s}$ , 工作点与并联工作点重合, 即 B(220,1000)。由图查得动叶角度为  $-2 \sim -2.5^\circ$ , 风机效率为 0.72 左右。轴功率为

$$P_B = p_B q_{VB} / \eta_B = 1000 \times 220 / 0.72 = 305.56 \text{ kW}$$

(工作点 3 分, 角度 2 分, 效率 2 分, 轴功率 1 分, 计算错或读错数-0.5 分)

(4) 100% 负荷总流量为

$$q_{VC} = 1.5 q_{VB} = 1.5 \times 220 = 330 \text{ m}^3/\text{s}$$

由管路特性方程计算得到 100% 并联工作点全压为

$$p_C = 0.020661 \times q_{VC}^2 = 0.020661 \times 330^2 = 2250 \text{ Pa}$$

则 100% 并联工作点为 C(330, 2250), 各风机的工作点为 D(165, 2250), 查图得到风机效率为 0.75~0.80, 取为 0.775。单台轴功率为

$$P_D = p_D q_{VD} / \eta_D = 2250 \times 165 / 0.775 = 479.03 \text{ kW}$$

总轴功率为

$$P_C = 2P_D = 2 \times 479.03 = 958.06 \text{ kW}$$

(并联工作点计算流量 1.5 分, 计算全压 1.5 分, 单机工作点 2 分, 效率 1 分, 总轴功率 1 分, 计算错或读错数-0.5 分)

(5) 降转速后, 两种工况的并联运行工作点不变, 50% 和 100% 负荷分别为 B(220,1000) 和 C(330, 2250), 故各风机的工作点也不变, 50% 和 100% 负荷分别为 A(110,1000) 和 D(165, 2250)。

由降转速后单台风机工作点, 利用比例定律可以确定原转速下的相似工况点 A' 和 D'。

1) 50% 负荷时点 A(110,1000) 相似工况点 A' 的参数计算为

$$q_{VA'} = q_{VA} \frac{n_{1000}}{n_{750}} = 110 \frac{1000}{750} = 146.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$p_{A'} = p_A \left( \frac{n_{1000}}{n_{750}} \right)^2 = 1000 \left( \frac{1000}{750} \right)^2 = 1777.78 \text{ Pa}$$

得到单台工作点的相似工况点 A'(146.67, 1777.78), 由图可知该点在稳定工作区, 故降速后能稳定运行。查图得到该点效率为

$$\eta_{A'} = 0.8$$

降转速后，单台风机的轴功率为

$$P_A = p_A q_{VA} / \eta_{A'} = 1000 \times 110 / 0.8 = 137.50 \text{ kW}$$

总轴功率为

$$P = 2P_A = 2 \times 137.50 = 275.0 \text{ kW}$$

(计算相似工况点 3 分，效率 0.5 分，轴功率公式及计算 2 分)

2) 100%负荷时点 D(165, 2250)相似工况点 D'的参数计算为

$$q_{VD'} = q_{VD} \frac{n_{1000}}{n_{750}} = 165 \frac{1000}{750} = 220 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$p_{D'} = p_D \left( \frac{n_{1000}}{n_{750}} \right)^2 = 2250 \left( \frac{1000}{750} \right)^2 = 4000 \text{ Pa}$$

得到单台工作点的相似工况点 D'(220, 4000)，由图可知，该点超出风机性能范围，无法计算效率和轴功率。

(相似工况点 1 分，其它 0.5 分)