

均匀吸风管道的计算机设计方法

任 吉 云

(南通纺织工学院)

【提要】 本文在分析均匀吸风管道等速设计法和降速梯形设计法的基础上, 提出了利用计算机设计均匀吸风管道的新技术。作者对均匀吸风的原理作了新的描述, 并建立了相应的模型。计算机设计法可对每一汇流三通汇合点进行细致的静压平衡, 保证各支管按规定的风量吸风。设计时, 不再考虑 if/F_i 的值, 与常规设计方法相比, 可大大降低管道系统的动力消耗。

梳棉机上吸尘管道往往由多台组成一个管路系统。某些梳棉机要求连续抽吸灰尘, 为达到相同的除尘效果, 要求总管能以相同的吸风量对每台梳棉机均匀吸风。

设有 n 台梳棉机组成的吸风管道系统(图1), 在总管的第一个汇流三通和第 n 个

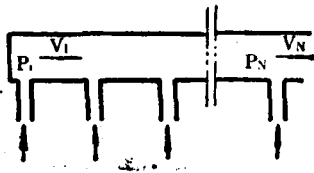


图1 梳棉吸风总管示意图

汇流三通处的柏努利方程为:

$$P_1 + \frac{V_1^2}{2g} \gamma = P_N + \frac{V_N^2}{2g} \gamma + \Sigma(h_{\text{摩}} + h_{\text{局}})$$

式中: P_1 、 V_1 为第一个汇流三通处总管内的静压(毫米水柱)和风速(米/秒); P_N 、 V_N 为第 n 个汇流三通处总管内的静压和风速; γ 为空气的重度(公斤/米³); g 为重力加速度(米/秒²); $\Sigma(h_{\text{摩}} + h_{\text{局}})$ 为从第一个汇流三通到第 n 个汇流三通之间的总阻力(毫米水柱)。把上式移项, 得:

$$P_N = P_1 + \frac{V_1^2 - V_N^2}{2g} \gamma - \Sigma(h_{\text{摩}} + h_{\text{局}})$$

从式中可看出, 吸风总管面积不变时, 随着吸入风量的增加, 总管内的风速将越来越大, 即 $V_N \gg V_1$, 因而 $P_N \ll P_1$ 。如果每根吸风支管

的形状和尺寸都相同, 显然, 第 n 根支管的吸风量大于第一根支管的吸风量。

在以往的设计中, 为了使吸风总管能均匀吸风, 一般采用以下设计方法^[1~3]:

1. 吸风总管等速设计法

使 $V_N = V_1$, 从而 $[\gamma(V_1^2 - V_N^2)/2g] = 0$ 。

此时, 第 n 个汇流三通与第一个汇流三通之间的静压差等于阻力损失。即:

$$P_N = P_1 - \Sigma(h_{\text{摩}} + h_{\text{局}})$$

吸风支管顺着吸风总管的气流方向装接; 可减小总管的局部阻力, 使前后的静压差进一步减小, 吸风较均匀。如总管较长时, 摩擦阻力较大, 吸风均匀性就差。

2. 吸风总管降速梯形设计法

使 $V_N < V_1$, 利用动压转变成的静压值补偿管道的阻力损失, 力求前后静压相等或相差很小。设计中用阻力损耗系数 η 来估算:

$$\eta = \Sigma h_{\text{阻力}} / [(V_1^2 - V_N^2) \gamma / 2g]$$

式中: $\Sigma h_{\text{阻力}}$ 为吸风总管总阻力。

当机台中心距不等时, 影响吸风均匀程度。

运用上述两种设计方法时, 要将吸风量的误差控制在规范所允许的范围内, 一般都要调整截面比 if/F_i , 使吸风支管截面积减小, 阻力损失增加, 提高汇流三通处的真空度。这时, 如果第一个汇流三通与第 n 个汇流三通之间静压的绝对差值 $\Delta P = P_N - P_1$ 仍保持不变, 则相对差值 $|\Delta P / P_N| \times 100\%$ 减

小，吸风均匀性好。但 if/F_i 愈小，支管的阻力损失愈大。当 $nf/F_n \leq 0.4$ 时，它的阻力几乎占整个管道系统的99%^[3]。也就是说，它是以电能消耗的增加来换取吸风均匀的效果。

梳棉机除尘均匀吸风管道的电子计算机设计方法是以假定速度法为基础，通过不断的试差，使各汇流三通汇合点保持一定的静压。这方法能使吸风均匀性控制在任何指定的精度范围内，同时降低管道系统的阻力。

一、计算原理

梳棉机吸风支管一端是机上吸口，另一端和吸风总管相接。支管内空气的流动是由吸风支管两端的静压差引起的。机上吸口都处于相同的空气状态下，和总管相接的一端与总管具有公共点，称汇合点(如图2)。总

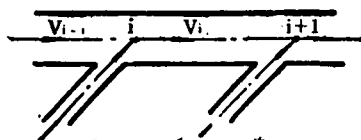


图2 汇流三通处气流汇合点示意图

管气流到达汇合点时的静压也就是支管在该点的静压。两股气流在汇合点汇合，其静压相等，一般地动压不等，因此全压不等^[4]。对于形状和尺寸相同的两根支管，只要在汇合点的静压相同，则吸风量相等。

在一般情况下，当支管的形状和尺寸确定之后，根据给定的吸风量和风速，可以求得支管在汇流三通汇合点的静压，称为计算静压。只要总管气流到达汇合点的剩余静压等于支管在给定风量下的计算静压，该支管就能按给定的吸风量吸风。

两股气流到达第 i 个汇流三通汇合点时，总压分别为： $P_i + \gamma V_{i-1}^2/2g$ 和 $P_i + \gamma V_{支}^2/2g$ 。然后再混合并进行能量交换，从而引起机械能损失。混合后的能量为混合前的能量与混合时的能量损失之差。即：

$$P_i' + \frac{V_i^2}{2g} \gamma = \frac{i}{i+1} (P_i + \frac{V_{i-1}^2}{2g} \gamma) + \frac{1}{i+1} (P_i + \frac{V_{支}^2}{2g} \gamma) - (\frac{i}{i+1} \zeta_{直} + \frac{1}{i+1} \zeta_{支}) \frac{V_i^2}{2g} \gamma$$

式中： P_i' 为混合后的静压(毫米水柱)， V_i 为总管实际汇流速度(米/秒)； $V_{支}$ 为支管风速(米/秒)； V_{i-1} 为直管风速(米/秒)； P_i 为汇合点静压(毫米水柱)； $\zeta_{直}$ 为直管局部阻力系数； $\zeta_{支}$ 为支管局部阻力系数。

在 i 至 $i+1$ 管段内，先任意取一总管风速，计算出第 i 个汇流三通的两股气流在此管段混合时的能量损失，便可得到两股气流混合后的总压和静压。在这一管段内，总管直径不变，动压不变，总管内的沿程阻力靠消耗静压来克服。如果气流到达第 $i+1$ 个汇流三通汇合点的剩余静压与该支管的计算静压相等，这时总管内的风速即为所要求的风速。

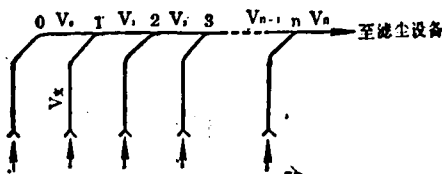


图3 梳棉除尘管道系统图

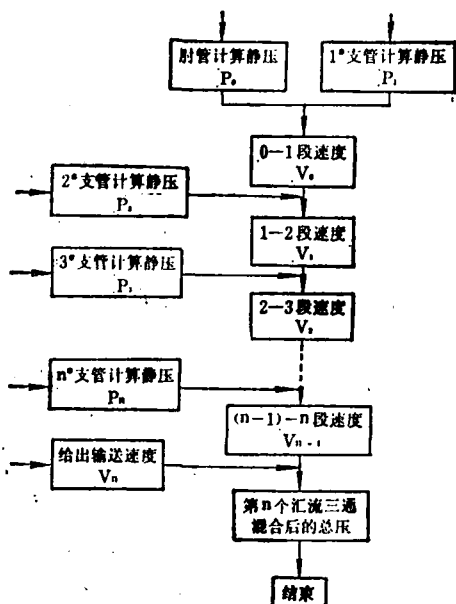


图4 计算流程图

否则,重新取一总管风速,再行计算,直到两静压相等为止。

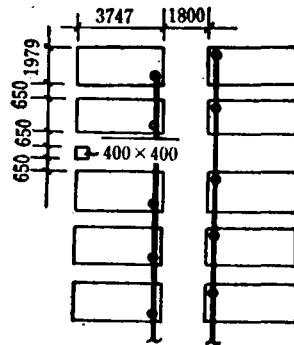
二、计算流程

图3为梳棉除尘均匀吸风管道系统。其计算流程如图4,程序框图如图5所示。

三、计算实例

两列A186C梳棉机共10台,安装尺寸如图6,机上吸尘管道连续吸风,每台梳棉机吸

风量为1100米³/小时。设计连续均匀吸风管道系统。



1. 管道布置
机上连续均匀吸风管道采用架空敷设,每列(5台)梳棉机共用一根吸风总管,

两根总管并联组成一个除尘管道系统。要求吸风总管对各机台均匀吸风。

2. 原始数据

吸风量: 1100米³/小时·台;
支管间距: $l_0=2.629$ 米, $l_1=3.829$ 米,
 $l_2=2.629$ 米, $l_3=2.269$ 米;

支管长度: $l=2.5$ 米(支管的形状和尺寸相同);

支管局部阻力系数: $\zeta=1$;

支管风速: 取 $V_{支}=10$ 米/秒;

输送管段风速: 取 $V_{送}=6$ 米/秒。

3. 计算结果

支管直径: $d_{支}=0.197242$ 米;

吸风管段各段直径、风速:

0-1段: $d_0=0.226253$ 米, $V_0=7.6$ 米/秒;

1-2段: $d_1=0.339883$ 米, $V_1=6.73554$ 米/秒;

2-3段: $d_2=0.42547$ 米, $V^2=6.44738$ 米/秒;

3-4段: $d_3=0.492979$ 米, $V_3=6.40331$ 米/秒;

输送管段直径: $d_4=0.56939$ 米;

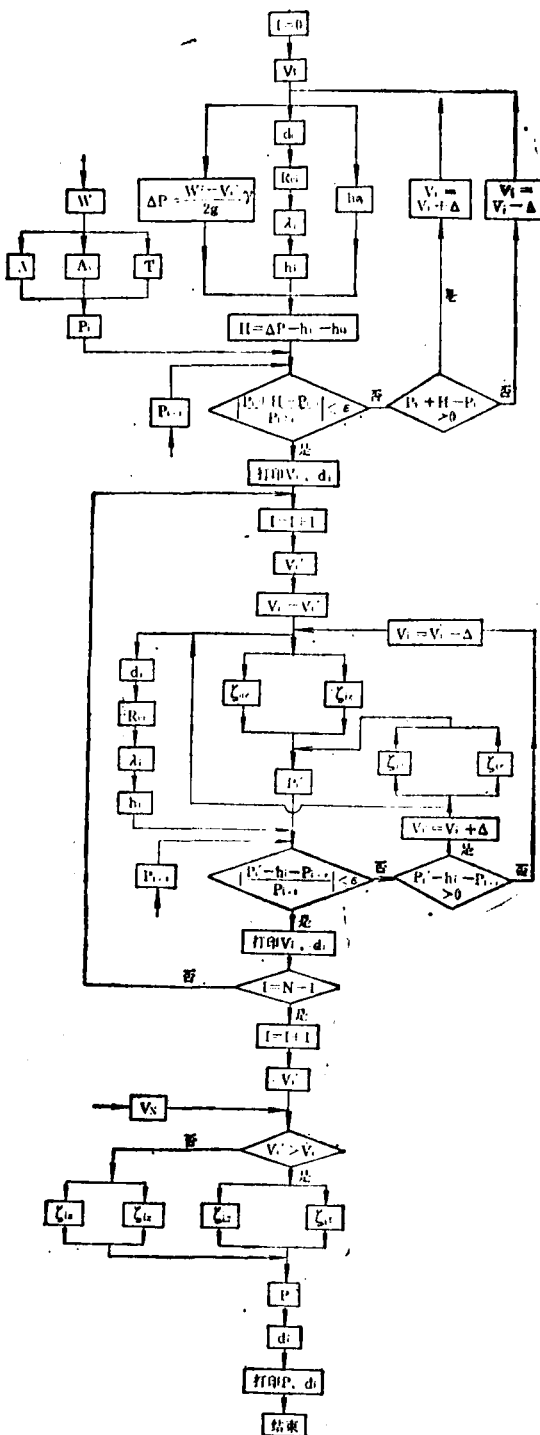


图5 程序框图

I-汇流三通编号; T-支管局部阻力; V_1 -速度; P_1 -计算静压; d_1 -直径; e -误差; R_{11} -雷诺数; Δ -步长; λ_l -沿程阻力系数; V_1' -理论汇流速度; h_l -沿程阻力; P_1' -混合后的静压; h_{15} -局部阻力; ζ_{12} -直管局部阻力系数; W -支管风速; ζ_{11} -支管局部阻力系数; A -支管动压; N -汇流三通数; A_3 -支管沿程阻力; V_N -输送管段速度; P -吸风管段阻力损失。

吸风管段总阻力： $H=11.2563$ 毫米水柱。

计算机设计方法可以对每一汇流三通汇合点进行细致的静压平衡，使剩余静压等于计算静压，保证各吸风支管按给定风量吸风。

设计中，不再考虑 v/F_1 的值，只要依输尘速度选取支管风速，确定支管截面。这样，管道的阻力可大大降低，从而减少管道系统的动力消耗。用这种方法设计的管道系统可节能70%以上。

这种方法不仅可用于梳棉除尘管道设计，而且可用于其它各种除尘设备局部除尘

吸风管道系统的设计。和等速设计法一样，每一管段要变更管径，这会给管道制作带来麻烦。尽管如此，它的优点仍然很突出。

南通纺院季红同志参加了程序的编写和调试；谢春萍同志及通棉三厂顾美月同志给予了帮助，谨致谢意。

参 考 资 料

- [1] 高等纺织院校教材：《纺织厂空气调节》，p.267~276，纺织工业出版社。
- [2] 《纺织学报》，1979, No.2, p.65~72。
- [3] 《纺织学报》，1982, No.6, p.15~17。
- [4] 魏润柏：《通风工程空气流动理论》，p.48~57，中国建筑工业出版社。