

均匀吸风管道设计与分析

何 风 山

(西北纺织工学院)

直线形渐扩式串联分支均匀吸风管道, 在纺织厂高产梳棉机吸尘系统中广泛应用。本文运用伯努利方程式, 考虑动压转化静压这一重要因素, 对上述管道推导出计算各节点的静压公式。对影响管道吸风均匀程度的主要因素为 if/F_i 作了理论分析及设计验证, 对影响吸风均匀程度的其它因素也作了初步探讨。

一、静压恒定设计原理

高产梳棉机除尘系统中的均匀吸风管道如图 1 所示。如以 $P_{S支1}, P_{S支2} \dots P_{S支n}$ 为各支管三通汇流前的静压, 则两股气流在三通汇流开始及终了时的静压为:

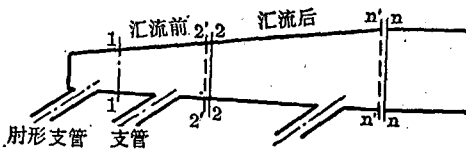


图 1 均匀吸风管道

1. (汇流开始干管的静压)

$$\begin{aligned}
 P'_{S1} &= P_{S(i-1)} + \left[\frac{V_{i-1}^2}{2g} \gamma - \frac{V_{i'}^2}{2g} \gamma - h_{F(i-1), i'} \right] \\
 &\quad + \left(\frac{V_{i'}^2}{2g} \gamma - \frac{V_i^2}{2g} \gamma - Z_{直i} \right) \\
 &= P_{S(i-1)} + \Delta S_{1i} + \Delta S_{2i} \quad (1)
 \end{aligned}$$

式中:

$$\Delta S_{1i} = \left[\frac{V_{i-1}^2}{2g} \gamma - \frac{V_{i'}^2}{2g} \gamma - h_{F(i-1), i'} \right]$$

为动压降与干管摩擦之差;

$$\Delta S_{2i} = \left(\frac{V_{i'}^2}{2g} \gamma - \frac{V_i^2}{2g} \gamma - Z_{直i} \right)$$

为动压升与直通阻力之差, $h_{干}$ 为干管摩擦。

2. (汇流开始支管的静压)

$$\begin{aligned}
 P''_{Si} &= \left(\frac{V_{支}^2}{2g} \gamma + h_{支} \right) + \left(\frac{V_{支}^2}{2g} \gamma - \frac{V_i^2}{2g} \gamma - Z_{支i} \right) \\
 &= \left(\frac{V_{支}^2}{2g} \gamma + h_{支} \right) + \Delta S_{3i} \quad (2)
 \end{aligned}$$

式中:

$$\Delta S_{3i} = \left(\frac{V_{支}^2}{2g} \gamma - \frac{V_i^2}{2g} \gamma - Z_{支i} \right)$$

为支管动压降与支管局阻之差, $h_{支}$ 为支管摩擦与局阻(包括吸罩)之和。

3. (汇流终了的静压)

$$\begin{aligned}
 P_{Si} &= \frac{(i-1)qP'_{Si} + qP''_{Si}}{iq} \\
 &= \frac{(i-1)P'_{Si} + P''_{Si}}{i} \\
 &= \frac{(i-1)P'_{Si}}{i} + \frac{P''_{Si}}{i} \quad (3)
 \end{aligned}$$

式中: i 为支管顺序号, $i=2, 3, \dots, n$, i' 为与干管截面相同顺序号, 表示三通汇流前的截面, q 为支管设计风量; $P_{S(i-1)}$ 以负值代入(1), P'_{Si}, P''_{Si} 以负值代入(3)。

欲达到均匀吸风的目的, 必须使 $P_{S支1} \approx P_{S支2} \dots P_{S支n}$ 及 $P_{S1} \approx P_{S2} \approx \dots P_{Sn}$, 其中 $P_{S1} = h_{支} + Z_{附}$ 。

由式(3)可知, 支管气流静压 P''_{Si} 在汇流终了的统一静压中, 随支管顺序号的增加, 它对统一静压 P_{Si} 的影响愈来愈小, 而干管静压 P'_{Si} 始终起主要影响作用, 并对三种速

度类型管道均是如此。三种速度类型,系指管道尾部(远离风机)的风速同管道头部第一个三通汇流后的速度相比,有升速、等速和降速之分,就三种速度类型管道来说,每一管段都是降速的。三种速度类型可以通过改变干管头尾截面变化率达到,即调整 if/F_i 值的 $F_i(i=1, 2, \dots, n)$ 的大小。设与干管连接的吸气支管数为 n ,干管头尾截面分别为 F_n 和 F_1 ,支管截面为 f ,则干管头尾截面变化:等速时, $F_n = nF_1$,降速时, $F_n > nF_1$,升速时, $F_n < nF_1$ 。

调整截面比 if/F_i 和用静压损耗系数 η 估算的管道设计方法,我们简称“截面比静压损耗估算法”。对直线形渐扩式均匀吸风管道用这种方法设计,可以达到各节点静压基本相等,实现各支管等径、等速、等量吸风的目的。

这种设计方法虽不进行复杂的节点阻力平衡,但也能保证“假定速度法”中对节点阻力偏差符合设计规范的要求。该设计方法,在保证干管为直线形的前提下,实现了“静压复得法”非直线形干管的节点静压平衡条件,且计算准确,实际运转中吸风均匀程度高。

二、主要设计参数 if/F_i 值的讨论

一般管网设计,为达到节点阻力平衡,需修改相应的支管或干管的直径,或者改变支管与干管的连接角度。直线形渐扩式均匀吸风管道所不同的是通过改变 if/F_i 的大小来实现节点全压或静压的平衡,并在需要时改变连接角度。

1. (if/F_i 值的应用范围)

对必须进行整体结构变化才能达到设计目的那些送、吸风管道,才使用 if/F_i (或 $\Sigma f/F$)值调节结构。例如等截面均匀送、吸风管道;直线形渐扩式侧孔送、吸风管道;锥形管纵向条缝式均匀送、吸风管道以及直线形渐扩式串联分支均匀送、吸风管道等等。

2. (汇流终了截面的 if/F_i 、速度、动压

及静压的分布规律)

if/F_i 、速度、动压及静压四参数的大小均按相同规律变化,四参数变化的一致性,主要取决于管道结构,即 if/F_i 是影响其它三个参数变化的原因。作者试算了机台数为6,机台间距为2.4米,连接角为 60° ,支管直径为100毫米时的参数变化,证实了这一情况。

3. (if/F_i 同局阻、阻力偏差及静压偏差的关系)

支干管截面比与支管干管速度及动压有如下关系:

$$if/F_i = \frac{V_{\mp i}}{V_{\text{支}}} = \sqrt{\frac{V_{\mp i}^2}{2g}} \gamma / \sqrt{\frac{V_{\text{支}}^2}{2g}} \gamma \quad (4)$$

(1) if/F_i 值对局阻的影响:由式(4)可知,节点汇流后流速 $V_{\mp i}$ 相同时, if/F_i 值较小,则 $V_{\text{支}}$ 较大。此时支管气流对干管气流的引射较为强烈,出现 $Z_{\text{汇}} < 0$ 。相反, if/F_i 值较大,出现 $Z_{\text{汇}} > 0$,并随 if/F_i 值的增大,实际汇流速度与理论汇流速度均增加,但前者增加得多,而 $\xi_{\text{支}}$ 减小得更多,所以 $Z_{\text{支}}$ 则相应地减小(除第二节点外)。在 $\alpha = 60^\circ$ 条件下,验证的结果是:约 $nf/F_n \leq 0.4$ 时,各种速度类型风道的全部节点 $Z_{\text{汇}} < 0$;等速及升速管道约 $nf/F_n \geq 0.45$,降速管道约 $nf/F_1 \geq 0.55$ 时,全部节点 $Z_{\text{汇}} > 0$ 。

(2) if/F_i 值与阻力偏差、静压偏差的关系:由于 if/F_i 值的大小引起局阻上述变化特性,相应地引起各节点阻力偏差(由于各支管动压相等,阻力偏差可代替全压偏差)与静压偏差的变化。当 $nf/F_n \leq 0.4$ 时, $Z_{\text{汇}} < 0$,阻力偏差 $h\%$ 小,但 $Z_{\text{汇}}$ 的代数值不可过小(即 nf/F_n 不可过小),过小后阻力偏差也较大,此时应当调整 if/F_i 值或角度 α 。

(3) 根据设计验算, if/F_i 愈小则 $Z_{\text{支}}$ 愈大。当 $nf/F_n \leq 0.4$ 时,它在阻力累计中约占总阻力的99%以上,故其吸风均匀程度较好,即用增大支管阻力的方法换取吸风较好的均匀程度。梳棉机机上吸尘管道系统,

由于它的阻力较大,即使 if/F_i 值大些也能做到均匀吸风。

作者在支管直径为 100 毫米,机台间距为 2.4 米,机台数为 6,连接角为 60° ,风量为 450 米³/小时和最大阻力偏差 $h\%$ (由此引起的风量变化与阻力的平方根成正比) 不超过 10% 前提下的升速吸尘管路,对不同支管阻力应当选择的 if/F_i 值做了设计验算,其结果是: $f/F_1=0.3\sim 0.4$, $h_{支}=2$ 毫米水柱时, $nf/F_n=0.35\sim 0.435$; $h_{支}=30, 100, 180$ 毫米水柱时, $nf/F_n\leq 0.5, 0.6$ 和 0.7 。

有时在 if/F_i 值较小情况下会出现静压偏差小,阻力偏差大或阻力偏差小,静压偏差大的现象。此时不是因为 if/F_i 过小,而是由于选择的角度不合适造成的,故将 α 角变大,就能得到较好的吸风均匀度。

三、影响吸风均匀程度的其它因素

1. (支管直径 d)

在相同条件下,改变 d 要相应改变干管各段直径。流量相同时的速比、动压及其它参数均按一定比例增大或减小。虽然摩阻 h_f 除了与速度平方成比例变化外,尚有 λ/D 的变化,但其改变量不大,故管径对于差异的影响不大。

2. (机台中心距 L)

间距不等时,个别支管的动压降有能量剩余,造成节点阻力偏差、静压偏差都大,于是影响整条风道的吸风均匀程度。

3. (机台数量 n)

该数值对吸风均匀程度影响较大。吸口增多时,尽管选用了较小的 if/F_i 值,有些节点仍会出现 $Z_{\#}>0$ 、相邻节点静压偏差增大的情况,从而影响整个系统吸风均匀程度。

四、结 论

1. 对直线形渐扩式各支管等速的均匀吸风管道,由于节点处静压平衡、全压平衡、阻力平衡三者的一致性,采用静压恒定原理设计,可以代替全压平衡设计方法。

2. 对三种速度类型均匀吸风管道,影响吸风均匀程度的主要因素为 if/F_i 值、角度 α 及吸口数目。

3. 就三种速度类型风道而言,以升速管道比较容易做到吸风均匀,且其管道结构尺寸较小。

4. 衡量吸风均匀程度好坏,应以设计规范为准。

* * *

【附】西北纺织工学院组织有关人员鉴定的意见。

(1) 这种设计方法,符合静压恒定原理,故能获得满意的效果。

(2) 从使用部门讲,改变支管直径调节节点阻力平衡的设计方法没有这种方法优越。因为前者各支管直径不等,即在各支管流速不等的条件下达到等量吸风,除了给施工带来不便外,所形成的支管吸口流速场不等,对吸尘不利。

(3) 这种设计,有时需支管选用高速度,干管选用低速度,用增大支管阻力损耗的办法换取了各支管的静压互相平衡以达到均匀吸风的目的,是这种设计方法的弱点。

(4) 该设计方法经郑州、宝鸡等厂采用,投产后测试结果表明,可达到实用要求,管道风量分布较均匀,在基本结构相适应的条件下(如梳棉机落棉吸尘运输管道等),可以推广使用。

Design and Analysis of Steadily-Flowing Suction Duct

He Fengsan

Abstract

This paper deals with the design and analysis of steadily-flowing suction duct used in practice. The application of Bernoulli equation has been made to it. The conversion of velocity pressure into static pressure has been taken into consideration. Thus, formulas have been derived for calculating the static pressure at each joint of a straight suction duct consisting of a series of short divergent sections for steadily flowing. The conclusions arrived at are as follows:

1. For a straight gradually-diverging suction duct with individual sections sucking up air at the same speed, the design can be made on the basis of the conservation principle of static pressure instead of the total pressure equilibrium principle owing to the fact that the static pressure equilibrium, the total pressure equilibrium and the resistance equilibrium at the junction are identical.

2. For the three kinds of velocities (higher, lower, and equal, resulted from the comparison of the draught speed at the end of the duct with that at the three-way connection of the leading section), the main factors to affect the even suction of the run are the ratio if/F , angle α , and the number of suction points.

3. So far as the three kinds of velocities are concerned, the speed-increasing duct will be advantageous to the uniform air suction, and furthermore, the duct size can be smaller.

4. The uniformity of air suction depends upon whether the design made conforms to the standard specifications.