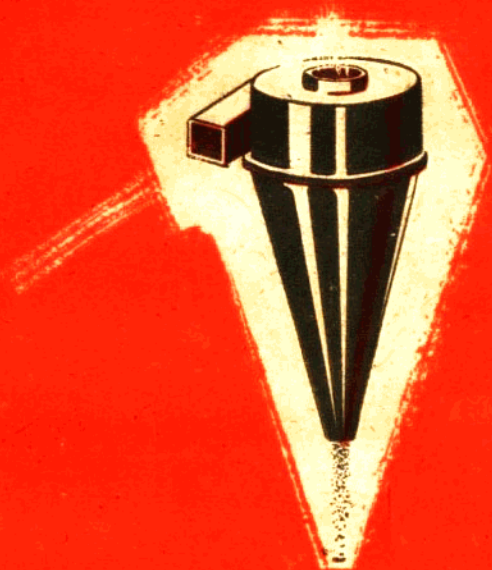




碾米厂通风除尘设备

刘宗英 孙武亮 编著

上海科学技术出版社

前 言

通风除尘在碾米厂中是一项极为重要的改善工人劳动条件的措施,但是在旧中国,由于帝国主义的殖民侵略和国民党的反动统治,这是不会而且也不可能得到重视的。在那时的碾米厂中,设备破烂陈旧,工人整天在灰尘飞扬的环境下工作,健康受到了严重的损害。只有在解放以后的新中国,工人的劳动条件才受到了党和政府的无比关怀和重视。由于工人阶级自己掌握了政权,发挥了无穷的智慧和创造性,几年来我们在同灰尘的斗争上已经积累了不少经验和取得了巨大的成绩,各地的无尘工厂也纷纷出现。然而,这些问题并不能说已经得到根本的解决,因为我们还有着不少通风情况暂时还不够满意的工厂。在各方面都在大跃进的形势下,这种情况必然应急起直追地迅速加以改进。

这本小册子叙述了碾米厂通风除尘的一些基本理论和实际措施;其中很大部分也是群众经验的积累。为了让这些经验能为碾米厂中更多的职工们所掌握,书中避免涉及过深的理论而着重介绍具体的做法,使具有初中文化程度的工人和干部都能够看懂。当然,限于我们自己的水平,书中难免有错误和不恰当之处,希望读者们在看过本书后提出宝贵的批评和指正,这是我们所迫切期望的。

編著者 1958年12月

目 录

前言

第一章 为什么除尘是碾米厂的一项重要措施	1
----------------------	---

第二章 空气的流动	4
-----------	---

1. 空气为什么会流动	4	5. 风管大小和流速的关系	9
2. 空气流动时的两种压力	5	6. 压力可以互换	11
3. 压力的单位	8	7. 空气流动时存在的阻力	12
4. 动压力和风速的关系	8		

第三章 分尘器	14
---------	----

1. 降尘室	15	3. 布袋分尘器	23
2. 离心分尘器	16		

第四章 通风网路的设计与计算	29
----------------	----

1. 通风网路的选择	29	7. 风网阻力的计算	45
2. 中央风网的组合原则	30	8. 独立风网计算举例	46
3. 通风网计算的目的和内容	32	9. 中央风网计算举例	49
4. 机器的吸风量和空气阻力	32	10. 一系列同类型机器的风网	
5. 风管中的风速	34	计算举例	53
6. 管道的阻力	35		

第五章 通风机	58
---------	----

1. 离心式通风机的构造	58	3. 怎样利用旧有的通风机	65
2. 通风机的选择	61	4. 通风机的安装和维护	68

第六章 碾米厂机器设备的吸尘装置	70
------------------	----

1. 设计吸尘装置的原则	70	5. 输送带进料端的吸尘装置	76
2. 下谷坑的吸尘装置	71	6. 输送带卸料端的吸尘装置	78
3. 升运机的吸尘装置	74	7. 溜筛的吸尘装置	79
4. 贮存仓和进料斗的吸尘装置	75	8. 碾谷机的吸糠除尘装置	81

后记	85
----	----

参考文献	86
------	----

第一章 为什么除尘是碾米厂 的一项重要措施

碾米厂的生产过程,主要是把稻谷经过清理、去壳而碾成白米。进入碾米厂的稻谷(原粮),常夹杂着大量的灰尘,其中包括泥灰、砂土、破碎的谷壳和其他细粒。这种夹杂在粮粒间的灰尘,当粮粒在翻倒、运送、流动和筛选的时候,很容易飞扬到空气中来。并且,即使这些夹杂性灰尘在通过筛选设备后可以很快地除掉,但是由于粮粒的表面也粘附着很多灰尘,它们在具有摩擦作用的过程中,会逐渐从粮粒表面剥离下来而形成新的夹杂性灰尘。以后,粮粒在生产过程中,由于不断经过溜管、蛟龙、升运机运送以及通过一些碾磨机械的作用,它的表面又会重新起毛而形成粘附性灰尘。所以,在碾米厂的整个生产过程中,灰尘的产生可以说是永远不断的;它们的形成过程是:起毛、剥离、飞扬。在工业上,对于由于这样而产生的灰尘,常叫做“生产性灰尘”,意思即,它们是伴随着生产的进行而产生的。

生产性灰尘由于形成的过程先后不同,它的性质亦不一样:最初(清理车间)产生的灰尘,因为它含有泥灰、砂土,所以无机性成分较多;生产后半阶段(碾磨车间)产生的灰尘,因为它多半是粮粒本身的外壳和表皮,所以有机性成分较多。

无论是什么样的灰尘,它总是给人们带来不良的影响。从表面来看,它至少要弄脏皮肤、衣服,影响空气的透明度,使人有不愉快的感觉。长期吸入过多的灰尘,会引起鼻腔、咽头、气管

和支气管的粘膜发炎,甚至造成职业病。

碾米厂中产生的灰尘对人体的危害作用,并不是灰尘本身具有毒性,而主要是由于灰尘的机械性刺激和随着灰尘带入的细菌的侵袭。在这方面,稻谷清理車間的灰尘表现得较为显著。当然,由于机械性刺激对人体器官所引起的伤害,必然給疾病的发生准备了条件。

灰尘除了在卫生上的危害性外,对于生产设备亦具有不同的有害影响。例如灰尘长期落入机器设备轴承中会使它潤滑不良而过早磨耗;电动机会因灰尘的阻塞而散热不良,影响它的效能。

此外,碾米厂中的很多灰尘本身是有价值的。例如清理車間的灰尘可以作肥料或飼料;麩碾車間中的灰尘(谷屑、糠皮)是很好的榨油、制糠、酿酒和提炼很多种化学药品的原料。

所以,碾米厂所产生的大量灰尘,如果任其飞揚,不仅会影响工人的健康和使机器容易损坏,并且在經濟上也是一笔重大的损失。

为了创造良好的劳动条件以保障工人的健康,为了机器的經常性保养和不使有用财富受到损失,在碾米厂中必須采取有效的措施来防止灰尘的飞揚。

在我們社会主义制度的国家里,改善工人的劳动条件从来就受到党和政府的极大重視。国家每年都撥出巨額款项来改进碾米厂的通风除尘设备。1953年7月1日,国家建設委员会和卫生部頒布試行的“工业企业設計暫行卫生标准”,又一次具体表现了党和政府对劳动人民的深切关怀。在这个卫生标准的附录四中,对于象碾米厂这样性质企业的生产作业地带空气中无毒灰尘的最高容許含量,也作了具体的規定,即每一立方米空气中

不得超过 10 毫克。这样,企业根据这一规定来采取措施已成为法定的要求。

消除灰尘飞揚的先决条件是,使所有的生产过程尽可能在密閉的状态下进行,也就是把所有的作业机械、运送设备、溜管等在不妨碍操作的原则下密閉起来,不让灰尘外揚。在采取密閉措施的同时,再适当利用有規則的空气流来局部地控制和收集灰尘。这种控制灰尘的方式是从机器设备中吸出空气,使机器内部的空气变得稀薄,从而防止灰尘飞揚。此即所謂“通风除尘”或“吸风除尘”,也就是我們在下面所要叙述的。

第二章 空气的流动

从机器设备中吸出空气，必须借机械的方法，亦即借通风机的作用来进行，所以这是属于一种局部的机械通风。由于机械通风的最基本原理就是使空气按规定的方式流动，因此我们在具体讨论有关它的一切设计和计算方法以前，首先就应该对空气流动的一些特性有所了解。

1. 空气为什么会流动

空气能沿着通风管道流动正象水能沿着水管流动一样，这是因为作用在管子两端的压力有高低差别的缘故。压力高的一端向压力低的一端流动，这是我们都已了解的事实。至于压力差的产生，这在工厂的机械通风系统中，则是利用离心式通风机造成的。当通风机的叶轮旋转时，就把机壳内的空气通过压气管道压出，而使机壳内的空气变为稀薄，空气的压力也随着降低；这时通风机吸气口外的空气压力（即大气压力）相对地就显得高了，空气就从这里通过机器，并沿着吸气管道流入机壳，以

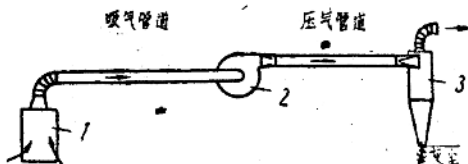


图 1 利用通风机使空气流动

1—作业机 2—离心式通风机 3—分尘器

补充原先被压出的空气。因此,当叶輪不断旋轉时,空气就不断地被吸入和压出(見图1)。

可見,通风机的吸气作用是大气压力所产生的。这时吸气管内的压力比大气压力低,我們称它为真空压力或負压;而經過叶輪压出的空气,它的压力則比大气压力高,我們称它为超压力或正压。

2. 空气流动时的两种压力

从上面已知,空气在管道中的流动是因为受到压力作用的緣故。現在我們將进一步談到,这种压力事实上是由两种不同的压力——靜压力和动压力所組成的。为了便于区别,所以我們把前面所說的压力称为全压力或总压力。全压力在数值上等于动压力与靜压力的和。

靜压力 同密閉在容器內的靜止空气对容器壁面所加的压力一样,是对各个方向都起相等作用的。所以它不仅对风管內的空气加压,同时还对周围的管壁加压。

风管任意截面上的靜压力,可以用U形压力計測量出来。图2表示压力計的构造,它是一支弯折成U形的玻璃管。玻璃管的两端是开口的,內徑为3~4毫米,管內盛放清水。为了便于携带和測量,通常把管子固定在木板上,并在两管的中間釘上以毫米为单位的刻度板。

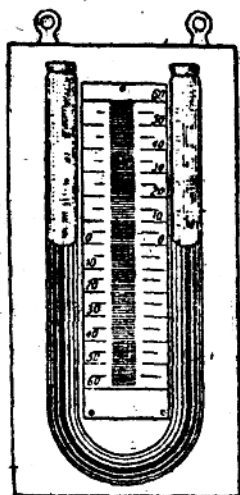


图2 U形压力計

在測量靜壓力的時候，可以在風管壁上打一個小孔，然後另外用一根彎折成直角的紫銅管伸入風管內。紫銅管的外徑約5~8毫米。銅管插入風管一端的頭上是封閉的，而在離管端約3個管徑處的銅管表面鉗有4個直徑約1毫米的小孔。它們借銅管內部的通道和留在風管外面的另一頭相通。U形壓力計就借橡皮管連接在銅管的這一端上。銅管插入風管後應使它的彎折端同風管的軸綫相平行。這時風管中該截面處的空氣靜壓力，將通過小孔而傳遞到U形壓力計中（見圖3）。

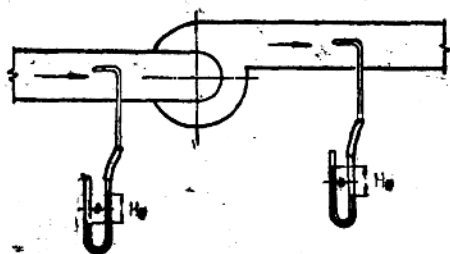


圖 3 靜壓力的測定

我們知道，U形壓力計還沒有接上銅管以前，左右兩玻璃管中的水因為受到相同的大氣壓力作用，一定是一樣高的。連通銅管以後，情況就不同了。這時作用在右管水面上的將是大氣壓力加上上面所說的靜壓力，因此兩管中的水面就不再保持等高，而將向一邊升起。等到水不再移動的時候，從刻度板上讀出左右兩管中水面的高度差（豎直距離），就可知道這一截面上的靜壓力的大小。

為了便於從刻度板上讀出兩管的水面差，可在測量以前，先把管中的水面都校正在同一刻度“0”點上，然後再引入壓力。圖中因為刻度板的“0”點在玻璃管的中間部分，所以只需讀出

一个液面的刻度,再把讀数加倍即是量得的压力。

靜压力是有正負分別的。正靜压出現在机械通风系統的压气管道里,这时靜压力把 U 形压力計右管的水面下压,而使左管的水面上升;負靜压則出現在机械通风系統的吸气管道里,这时 U 形压力計所呈現的情况剛好和上面相反(見图 3)。

动压力 是使空气运动的压力,所以它只在空气的前进方向起作用,并且在任何情况下都是正值。

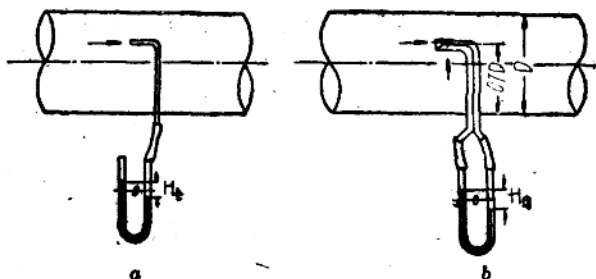


图 4 全压力和动压力的测定

a—全压力 b—动压力

动压力也可用 U 形压力計測量出来。这时須如图 4a 所示那样,另外用一根两头开口的直角銅管插在风管里,并使銅管弯折端的开口正对着空气运动方向,另一端則与 U 形压力計相連。此时,由于气流在銅管口受到阻止,就不能再流动了,于是它的速度就变成了零,而把它原来在运动时所具有的动能轉变成压力,通过銅管作用到 U 形压力計上。这个压力就是使空气产生相当于原来那个流动速度的动压力。不过这里需要注意到,作用在銅管口的是不是只有动压力一种压力呢?事实上不是这样,在銅管口另外还有靜压力的作用。因为前面談到,靜压力是在

四面八方都起作用的。所以，这时在 U 形压力计中所测得的压力应该是静压力与动压力的和，亦就是全压力。单独的动压力，显然还应把这个测得的全压力，减去这一截面处的静压力。

在实用上常把上述测量静压力和全压力的紫铜管合并一起，做成如图 4b 所示形式的测压管，这样在测定动压的时候，可把 U 形压力计的两支管子分别连接到测压管的两个接头上。这时由于作用在两管水面上的不同压力相互抵消的结果，将使我们直接读得动压力的大小。

测量动压力时，必须注意到空气在同一截面上各点的流速并不是均匀一致的，所以截面上各点的动压力也不相同。通常常把测压管伸入距离风管壁面 0.7 倍风管直径的地方进行测量，因为那里的空气流动速度是比较接近这一截面上的气流平均速度的。此外还应注意避免在气流打弯、合并或者风管截面有变化的地方进行测量，以防止得出错误的结果。

3. 压力的单位

压力是指垂直作用在一个单位面积上的力，在通风工程上它是用每平方米面积受 1 公斤力作为计算单位的，通常写成公斤/米²。单位面积上受的力越大，压力就越高。

压力的另一个计算单位，即是用上述 U 形压力计测得的水面高度差表示的。1 毫米的水面差相当于 1 公斤/米² 的压力，并写成 1 毫米水柱。

用毫米水柱表示压力的大小，在通风工程上的应用很普遍。

4. 动压力和风速的关系

动压力既然是使空气流动的压力，所以它在数量上和空气

的流动速度就必然有一定的关系。根据测量的结果表明，流速越大，量到的动压力也越大。而且它是和流速的平方成正比的：速度增加到2倍的话，压力就变成4倍。在通风工程上，它们的关系常用下面的公式表示：

$$H_{\text{动}} = 0.061v^2 \quad (2-1)$$

或者

$$v = 4.04\sqrt{H_{\text{动}}} \quad (2-2)$$

这里 $H_{\text{动}}$ ——动压力(毫米水柱或公斤/米²)；

v ——风速(米/秒)。

公式(2-1)和(2-2)在实用上很重要，最好把它们记住。例如可以用上述公式来计算：

(1) 已知风管中的空气流动速度是12米/秒，求相当的动压力。

$$H_{\text{动}} = 0.061 \times (12)^2 = 8.8 \text{ 毫米水柱}$$

(2) 已量得风管中某一截面上的动压力等于10公斤/米²，求空气流过这一截面时的速度。

$$v = 4.04\sqrt{10} = 12.8 \text{ 米/秒}$$

5. 风管大小和流速的关系

风管内的空气在流过各个截面时的速度，和管子的粗细有关：管子细的地方的流速要比管子粗的地方的流速为高。这种现象和我们日常所见到的河道中的流水是同样的情况，河道狭的地方，水总是比宽的地方流得快。

这个道理说来很简单。譬如空气连续不断地流过如图5所示的一段风管，因为管子的侧壁是密闭的，空气既不可能从壁而漏入，也不可能漏出；又设空气是不可压缩的（这种假设符合通

风系统的实际情况), 则在单位时间内流过 $A-A$ 截面的空气量, 将以相同的时间流过 $B-B$ 截面; 否则空气就会在风管内发生堆积或者脱空的现象, 而这是不符合上面所讲的条件。

设空气流过 $A-A$ 和 $B-B$ 截面时的速度分别为 v_1 和 v_2 (米/秒); F_1 和 F_2 (米²) 代表它们的截面积, 那么在 1 秒钟内距离 $A-A$ 截面左边 v_1 米处的空气, 都将通过这个截面, 而流过 $A-A$ 截面的风量 Q 将为 $F_1 v_1$ 米³/秒。同样, 流过 $B-B$ 截面的风量将是 $F_2 v_2$ 米³/秒。根据上面的解释, 这两个风量应该是相等的, 亦即

$$F_1 v_1 = F_2 v_2 = Q \quad (2-3)$$

或

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

上式表示: 在同一风管中, 任何截面上的流速同它们的截面积成反比。

[例] 设 $A-A$ 截面的面积 $F_1 = 0.04$ 米², 空气通过时的流速 $v_1 = 10$ 米/秒。如截面 $B-B$ 的面积 $F_2 = 0.03$ 米², 求 $v_2 = ?$

[解] 通过 $A-A$ 和 $B-B$ 截面的风量为

$$Q = F_1 v_1 = F_2 v_2 = 0.04 \times 10 = 0.4 \text{ 米}^3/\text{秒}$$

所以 $B-B$ 截面上的流速等于

$$v_2 = \frac{Q}{F_2} = \frac{0.4}{0.03} = 13.3 \text{ 米/秒}$$

上述数值同 $A-A$ 截面上的流速相比, 显然是增加了。

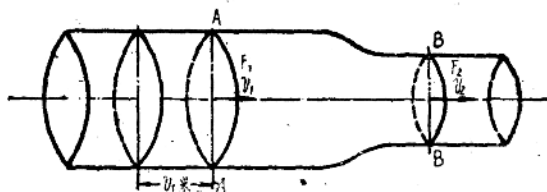


图 5 风管截面和流速的关系

风管截面和流速成反比例的原理，在机械通风系统中常被利用来减少风管吸气口上的风速，以防止粮食被吸出（见第四章）。

但是必须注意的是这里所指的情况，只是指连通成一路的管子，并不是说两根各不相关的管子流速会有一定关系；也不是说空气从一根粗管子分到几根细管子里去，细管的流速一定会比粗管的大。

6. 压力可以互换

上面谈到管子截面发生变化的时候，速度就引起变化；如果再进一步就自然地会联想到，速度变化之后，会使压力引起怎样的变化呢？现在还拿上面所说的管子来看（见图6），假如我们分别测量一下A-A和B-B截面上的压力，就会发现：因为空气从A-A截面流到B-B截面时的流速增加了，从B-B截面上量到的动压力也就增加，静压力则相对地减少，而这时的全压力对于两个截面来说却仍旧保持不变，亦即 $H_A^A + H_{动}^A = H_B^B + H_{动}^B$ 。

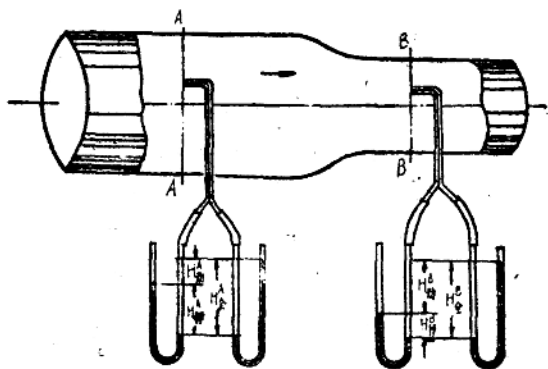


图6 压力可以互换

譬如空气在截面 $A-A$ 那里的流速是 10 米/秒,测到的动压力是 6.1 毫米水柱,静压力是 28.9 毫米水柱,那么全压力是 $6.1 + 28.9 = 35$ 毫米水柱。到了截面 $B-B$ 那里,因为管子变细了,速度变成 13.3 米/秒,动压力就增加到 10.8 毫米水柱,静压力则减少到 24.2 毫米水柱,全压力等于 $10.8 + 24.2 = 35$ 毫米水柱,仍旧保持不变。这个情况说明动压力的增加(亦即速度的增加)是从静压力的减少而来的。

这里讲的是静压力转变成动压力,当然反过来,动压力也可转变成静压力。这种情况发生在当空气从管子较细的部分流到较粗部分去的时候,随着流速的变慢,一部分动压力就转变成静压力。

动压力可以转变成静压力,静压力也可以转变成动压力,全压力则保持不变,这是一个很重要的定理。以后所讲的一切有关通风上的计算,都是把它作为基础来进行的。我们可以把它写成

$$H_A^d + H_A^s = H_B^d + H_B^s = H_{\text{全}} \quad (2-4)$$

7. 空气流动时存在的阻力

上述定理初看起来,似乎是跟本章开始所讲的道理相互矛盾的。这是因为定理所指的情况是假定空气在管路中流动,没有阻力而言的。然而事实上,流动在机械通风系统中的空气,常会遇到各种阻力,而使空气的压力发生不同程度的损失。我们



图 7 空气流动时的阻力

以直长风管的摩擦阻力为例,来说明这个道理。

图 7 为一段管径不变的直长风管,空气从 A 端流入而从

B 端流出。因为风管两端直径是相同的，所以进出口上的流速也一定不变，亦即动压力相等。如果现在假定风管两端的静压力亦都相等（即两端的压力相等），则对空气来说，压力既没有起推动作用，也没有起阻碍作用。但是因为风管很长，气流将受到很大的摩擦阻力，从经验知道，它将会引起管中的流速逐渐减低，直到最后停止不前。因此为了维持原来的流速，就必须使进口的空气具有较高的压力，亦即在管子的两端维持一定的压力差；差别的大小，应使它能刚好抵消管子的摩擦阻力。

这种情况并不是说上述定理已不正确，只要考虑到气流克服阻力的压力损失，它还是一样的适用，即：

$$H_A^A + H_A^A = H_B^B + H_{\text{损}}^B + H_{\text{损}}^{A-B}$$

或

$$H_A^A = H_B^B + H_{\text{损}}^{A-B} \quad (2-5)$$

式中 $H_{\text{损}}^{A-B}$ 表示气流从风管中截面 A 流到截面 B 时的压力损失（即气流所遇的阻力）。根据上式可以看出，如果要知道空气所通过的任何两截面之间的阻力有多大，则可借测定两个截面上的全压力差来求得。因为

$$H_{\text{损}}^{A-B} = H_A^A - H_B^B$$

除了风管的摩擦阻力以外，空气在通过机器，分尘器或者遇到气流转弯和风管截面突然改变的时候，都会发生压力损失。所以为了使装置起来的机械通风系统能够从各个机器吸出一定的风量，并使空气按着规定的速度在风管中流动，就必须正确地算出空气通过通风系统中各个组成部分的阻力，以便选择适当的通风机，使在一定的转速下产生足够的压力来克服它。

第三章 分 尘 器

碾米厂通风系统所吸出的含尘空气，是不能直接把它吹到室外大气中去的。因为这样不但会影响工厂和附近地区的环境卫生；并且因为其中很多灰尘是有经济价值的，所以不允许让灰尘任意失散，而必须把它从空气中分离出来，收集后加以利用。分尘器就是用来分离空气中灰尘的设备总称。

分尘器的种类很多，它们是根据不同的原理制成的。在碾米厂中常用的有：

(1) 依靠重力的作用使灰尘在降尘室内沉降，而与空气分离。

(2) 依靠离心力的作用，使灰尘在离心分尘器内和空气分离。

(3) 使含尘空气通过棉布制成的布筒，借过滤的作用而使灰尘分离。

以上所说的各种分尘器，分离灰尘的能力是各不相同的。因此为了便于比较它们的好坏，就必须规定一个评比的标准，这就是以后我们经常要谈到的“分尘效率”。

所谓分尘效率，简单地說，就是分离灰尘的能力。如以公式来表示，即是：

$$\eta = \frac{a-b}{a} \times 100(\%) \quad (3-1)$$