

碎矿作业的防塵

Л.А.哥魯什科夫 著

有色冶金設計总院沈陽分院翻譯科 譯

10198

冶金工業出版社

本書敘述灰塵對生產的害處，列舉了生產廠房空氣中灰塵的極限允許濃度並指出了消除灰塵的途徑。

本書適用於進行碎礦、磨礦和運輸礦粉的工廠和車間，如選礦廠耐火材料廠等單位的工程技術人員，工業衛生醫務人員和工會技術檢查員實際工作中參考，本書也可供熟練的技術工人閱讀。

Л. А. ГЛУШКОВ

БОРЬБА С ПЫЛЬЮ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ РУД

МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Свердловск—1955)

碎礦作業的防塵 有色冶金設計總院沈陽分院翻譯科 譯

編輯：崔蔭宇 設計：趙香苓、周廣珍 責任校對：陳一平

1957年10月第一版 1958年8月北京第二次印刷1,000冊(累計1,760冊)

787×1092·1/32·56,000字·印張2²⁴/₃₂·定價(10)0.40元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0719

冶金工業出版社出版(地址：北京燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

序 言

改善社会主义生产的目的是，在我国不仅是为了增加工业和农业产品的产量，而且也是为了改善人们的劳动和生活条件。特别是实现旨在改善生产过程能产生灰塵的生产厂房中的劳动条件的各种措施，是极为重要的。

共产党和苏维埃国家的奠基人B.M. 列宁看到了社会主义制度下新技术的主要问题之一，就是《使劳动条件变得较为卫生，使千百万工人免受烟、灰塵和髒污的影响，将令人嫌棄的髒污的工厂尽快地变为潔淨、明亮、受人喜爱的試驗室》^①。

在任何一个国家，都没有像苏联那样，对改善生产中的劳动条件的问题給予如此的重视。近年来苏联在这方面进行了巨大的工作，获得了显著的成就。

在旨在改善劳动条件的各项措施中，防止灰塵飞入生产厂房空气中的各种方法，是最重要的措施之一。这些方法的种类各不相同，在日常实践里综合利用这些方法获得了最好的效果。每一个生产人员都必须清楚地了解使用每一种方法的效果。为了成功地降低生产厂房空气中的含塵量，必须通曉空气中的灰塵在何等情况下对人的健康有不利的影响和消除灰塵的方法有那些。

本書闡述了有关灰塵的有害性、灰塵的产生途径和消除灰塵的方法等问题。为了进一步地研究除塵的方法，以便計算和設計除塵的設施和裝置，可利用本書末頁推荐的参考文献。

① 列宁全集第四版 19 卷 42 頁（俄文版）。

第一章 灰塵是生产中的危害物

灰塵的种类及其在空气中的含量

灰塵就是各种物質的固体或液体的細小質点，在空气中呈一种悬浮状态，仿佛在空气中飄蕩着。灰塵在大自然中，尤其是在地表面的大气中非常多。無論是在人們的劳动中，或在大自然中的自然現象的影响下（如土壤風化等等），都会产生灰塵。

根据物質粉碎成的顆粒的尺寸，在技术上分为：1）灰塵；2）云塵和霧塵；3）烟塵。顆粒尺寸（直徑）大於10微米^②的分散性^①的物質，均屬於灰塵一类。这样的顆粒用肉眼即可看到，同时根据固体降落定律，当下降高度不大时，在靜止空气中以加速度沉降。顆粒尺寸为10—0.25 μ 並有固定沉降速度的瀾散相，均屬於云塵和霧塵（当存在於空气中的質点呈一种冷凝蒸汽—液体質点时，便叫做霧塵）。这样大小的質点，只能在显微鏡下看得見。

較小質点的瀾散相称之为烟塵。这样大小的質点用超倍显微鏡来測定，在靜止空气中已不能沉降下来，並具有扩散性質^③，在某种程度上与气体相仿。

在厂房中上述所有各种灰塵产生物可能都有，或者將其

① 瀾散性—物質粉碎的程度；顆粒愈小，瀾散性愈大。

② 微米等於0.001公厘，以希臘字母 μ 表示。

③ 扩散—由於热流运动而引起質点向其濃度小的方向的移动。

称之为**懸掛体**。

按顆粒尺寸对灰塵实行如上的分类，从其产生的原因来看也是正确的。是的，灰塵一般都是在固体物的粉碎和破碎，粉末物料轉运和运输时产生的。液体質点的灰塵很少見，当用風动噴漆器噴漆时，可能产生这样的灰塵。云塵是由工業設備排於大气中預先淨化不良的气体或烟气中的灰塵而構成的。烟塵是由於燃燒或者是进行电焊、电爐熔煉和其他类似的操作时，金屬及其氧化物的冷凝而产生的。

空气中固体物質的含量，是以一立方公尺空气中包含的所有質点的重量（以毫克表示），或者是以一立方公尺中包含的質点的数量来确定的。

城郊公园里的空气中，灰塵的重量含量由 0.1 到 0.25 毫克/立方公尺；城市广场和街道的空气中——由 0.25 到 3.0 毫克/立方公尺；工厂区域街道空气中达 5.0 毫克/立方公尺；居住房間的空气中約为 1.5 毫克/立方公尺。

在生产的条件下，如果没有采取特殊的办法来降低含塵量，厂房里空气中的含塵量，在一立方公尺中可能达到几十或几百毫克。例如，在个别情况下，曾發現这样大的含塵量：在焊接車間里为 3—12 毫克/立方公尺；在鑄造車間的清理工段，型砂准备工段等等为 100—250 毫克/立方公尺；在破碎細磨工段达 1600 毫克/立方公尺。

已知体积空气中的塵粒的数量可用特殊的仪器来測定。在显微鏡下观察表明，在許多取自灰塵極多的房間的空气試料中，一立方公分內一般包含有 2000—8000 个塵粒。利用超倍显微鏡，在同样的体积內能看見和計算出来用一般显微鏡看不見的細小灰粒达 200000 以上。

从这些数据中可以看出，在各种不同的情况下，空气中的含塵量，無論在灰粒的重量上或数量上，都是各不相同的；还可以看出，含塵量的評定与测量的方法有关。

生产中产生灰塵的原因

在进行固体材料的干破碎或粉磨的厂房里，粉磨設備，篩子和运输設備，都是产生灰塵的主要根源。

送来进行处理的原材料里一般都包含有固体物質的細小微粒；在工艺过程当中（物料的打碎或粉磨），也会形成这样的微粒。当細小微粒剛剛产生时，特別是傾倒材料时，这些細小微粒立即进到空气中。設備的运动部份和材料的流动而帶动的气流所吸附的微粒，从設備工作腔中跑出来並扩散於厂房里的空气中。在干式破碎机 and 粉磨机中粉磨干矿石和运输粉磨后的物料时，經常产生大量的灰塵。

在某种情况下，已沉积在設備上和建筑結構上的灰塵，当人們走动和轉运材料时，又重新飞到空气中。干扫地板或用压缩空气吹洗設備以及进行其他清除灰塵的工作时，都会大为增加室内空气的含塵量。

利用室外含塵空气来补充由生产設備或通風設備所排出的空气，也能使厂房里的含塵量增大。

因此，可以指出，在破碎粉磨工段中有三个产生灰塵的主要根源：1）粉磨工序，2）运输材料，3）吹散已沉积的灰塵。很明显，后一种情况乃是再次形成灰塵的过程，只有在前两种情况下产生了灰塵，才可能产生。

为了更好地闡明防止生产厂房中空气含塵量的方法，就应当更詳細地研究上述产生灰塵的根源和明确造成固体微粒

进入空气中的原因，也就是形成《灰塵》(即煙霧)的原因。

灰塵經設備外壳(外罩)上不严密的地方进入厂房里的空气中。設備的严密裝置遭到破坏时和对設備的運轉情况进行檢查和观察时，灰塵就能扩散到厂房里来。最后，对生产設備进行各种修理工作和清整工作时以及清除堵塞現象和对設備的某一部份按計劃或临时进行其他的修理作業时，不可避免地要产生灰塵。

在所有这些情况下，灰塵进到厂房中，不是因为它們本身具有一种运动速度，例如：物料碎塊互相冲击，或者是由於机械的破碎部份(如凸輪)对物料的冲击等所造成的运动速度。

C.E. 布塔潤夫在自己的著作《工業通風系統的空气动力学》中确切地指出，細小的微粒克服空气的阻力之后，很快地就失去了速度，实际上差不多轉瞬間就自动地停止了运动。

灰塵，特別是細塵只能与通过外罩上的不严密处而扩散出来的空气一起进入厂房里的空气中。这就是灰塵进入厂房的主要途徑，也是厂房內产生灰塵的主要原因。

甚至运输物料时，随着空气流的产生也会产生灰塵。在这种情况下，灰塵本身的形成也与空气的流动有关。問題在於散落下来的物料，甚至在运输帶上移动的物料也会帶动一定数量的空气。当物料停止运动或改变它的运动方向时，空气就会扩散於室內(圖1)。已破碎的物料运动时，其輕的微粒进入被物料帶动的空气流中，因此这样的空气流永远都是含灰塵的。

由此看来，在厂房里和运送粉末物料时，产生灰塵的原因就更为清楚了。

在个别情况下，厂房里产生灰塵的原因，是細小的粉末通过漏斗、漏料筒、閘門等不严密的地方进入室内或者是运输帶振动时，附着於运输帶上的微粒，漸漸地脱离了它而由运输帶的返回綫上脫落下来所致。

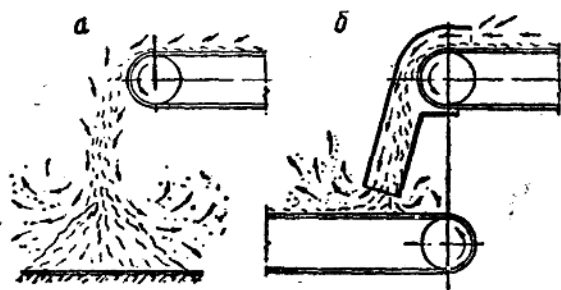


圖 1 物料运输和散落时灰塵的形成

a—往地板上倾倒；b—由一个輸送帶落到另一个輸送帶上

破碎工段不間断地操作时，即使裝有效用良好並帶有局部排塵罩的通風裝置，产生灰塵的第一种途徑也是不可避免的。排除的灰塵为空气流帶走而分散於室内。当空气的流动速度，由於某种原因不能保持微塵处于悬浮状态时，它就会沉降下来，因而灰塵不仅逐漸沉积在水平面上，而且还沉积在粗造的垂直面上。

無組織送風的“尖銳”气流，由於室内气流循环的加强或由於人們和物料的运动的影响而空气流动性的增强，以及房屋結構的震动等等，都会导致已沉降下来的灰塵再次飞到空气中。

矿塵的性質及其对人的危害

灰塵是按粒度来区分的。微粒的尺寸利用显微鏡很容易就能測出来。灰塵的粒度与其成因有关。例如，破碎时产生的灰塵，其粒度都比較大。虽然灰塵中經常混进少量的（指重量）为数众多的不足一微米的小微粒，但其中所含的微粒多半是比較大的，其尺寸由 10 到 60 和 100 μ 。

在靜止的空气中，粒度大的微粒很快就沉降下来，其实較小的微粒在很長的時間內仍停留在空气中，正如人們所說的在空气中飄蕩着。

室內空气中的灰塵，是一种非常复杂，受很多和經常不易測定的因素作用的介質。微塵从空气中降落下来或在其中飄蕩，或者是处于不稳定的平衡状态，或者是由於空气分子冲击的影响，本身处于特別不規律的运动状态，均由微塵的尺寸、形状和重量来决定。微塵的聚結，微塵对空气和水的吸收（吸附作用^①），某些微塵帶有电荷，以及其他一系列的物理性質，都使沉降过程变得更为复杂。

室內常見到的上昇和下降气流，虽然室內高低处溫差或室內外溫差不大，但使得灰塵的自然沉降情况更加复杂了。

送入的空气进入室內后，室內的空气便随之流动起来，形成气流的循环，使室內空气的流动性增大。如許多的研究結果表明，在保持灰塵进入室內空气的条件不变的情况下，換气次数增加几倍並不能使灰塵濃度的降低相应地减少几倍，因为随着換气量的增加，不免要加强气流，使已沉降下

① 吸附作用——在固体或液体表面上溶解物質或气体的凝聚。

来的灰塵又飞揚起来。

对除塵技术來說，塵粒的形狀有着很大的意义。灰塵微粒的形狀与灰塵的成因和組成灰塵的物質的物理構造有关。由於物質有結晶、非結晶或纖維狀的結構，所以塵粒的形狀也就各不相同。塵粒的形狀在衛生方面和在工程方面都是很重要的。重量相同时，纖維狀的微粒比圓形微粒更易停留在人的呼吸器官里或者是淨化空气时易停留在过滤器里。

对空气中已沉降下来的或在空气中处于悬浮状态的各种灰塵，进行过詳細的研究，結果查明，灰塵的产生在頗大程度上决定着灰塵的某些重要的物理化学性質，这些物理化学性質影响着人和动物的身体，也影响植物和回收的方法。

除上面提到的性質（粉碎程度或分散性和塵粒的形狀）之外，屬於这些性質的还有：化学活动性，灰塵微粒的互相結合和形成重大絮狀体的能力，塵粒的电荷率，吸收空气中气体的能力，最后还有它的潤水性以及爆炸性（部份灰塵）。这些性質对受灰塵影响的生物是很重要的，而且对除塵设备的运轉也是很重要的。

許多的研究証明，固体物質被粉碎和压碎时而形成的灰塵，大部份都附有电荷，而且有一些微粒附有陰电荷，另外一些微粒附有陽电荷。灰塵微粒的異性电荷的产生，是由电荷产生的条件决定的，並取決於塵粒的物質和机器破碎部份的材料等。

如果灰塵微粒是由导电不良的物質組成的，当帶異性电荷的微粒相互冲撞时，这些微粒虽結合在一起，但並不失去其本身的电荷。由於大量灰塵微粒結合成小鏈，使之形成了大的絮狀灰塵。

曾經發現：当湿度增加时，帶电荷的灰塵很快就結成大的絮狀体。灰塵的聚結性，即形成大型和不脫离的絮狀体的能力，对除塵技术來說是一个很重要的性質。

灰塵的化学活动性，對於生物和制造通風裝置和設備等用的材料有一定的影响。有些灰塵，如鉛的灰塵，它对人和动物是非常有害的，在空气中不允許存在，那怕是数量很少也可以。

还有几种灰塵，如煤塵，它容易形成非常危險的爆炸混合物。因此，就必须采取防止在这种灰塵与空气的混合物中形成火花的措施，同时还要注意使其濃度不要达到产生爆炸的程度。

最后还有这样一种灰塵，譬如破碎光齒石所产生的灰塵，遇水时它能引起强烈的腐蝕（腐坏、生銹）並能很快就將通風裝置損坏。确定厂房空气中对人無害的灰塵的極限允許濃度时，灰塵的化学活动性，是一个很重要的指标。

回收空气中的灰塵时，例如：由通風系統空气中，在排到大气中前，回收灰塵时，經常采用用水收塵的湿收塵器，只有灰塵能被水湿润时，这种裝置才能有好的效果，这是很明显的。如果灰塵不能被水湿润，灰塵就不能为水所吸收，收塵器也就不能起收塵的作用。

按潤水性来看，自然界中所有的物体可分为亲水的和疏水的，即是分为潤水較快的物体（如，石英和其它酸性矿石）和水不能湿润的物体（如，石墨、輝鉬矿等等）。

为了改善灰塵的潤水性，就必须往水里加入能显著提高潤水性能的特殊附加物。苏联制造了許多不同的湿润剂，这些湿润剂稍溶於水中，数量为0.05—0.1%以下，时常收

到良好的效果。

建議採用 ОП-7、ОП-10、ДБ 和其他种类的藥劑，作為灰塵濕潤劑。在任何情況下最合適的藥劑應由有關的專家來選擇。

物質被破碎時，其物理性質稍有改變，例如在潤水性的變化方面，這一點表現得甚為明顯。問題在於，在某種情況下，當塵粒的尺寸縮小時，其表面上產生一種限制空氣吸附的力量，而塵粒好像是被一層防止水分子附着的空氣分子組成的薄膜包起來似的。

由於這種原因，最細小的灰塵，即使是親水物料的灰塵，也是難以濕潤的。為保證這種塵粒潤水，應當採用能使水蒸汽在塵粒的表面上可以冷凝的方法，即將空氣分子置換為水的分子，使塵粒表面上形成的不是空氣膜而是水膜。往空氣中送蒸汽至飽和狀態即可達到這個目的。一般用噴水的方法洗滌含細小灰塵的空氣，往往是不能達到目的的。

對人體健康來講，中性礦塵也不是沒有關係的。可是灰塵的有害作用是取決於空氣中灰塵的含量。如果空氣中的含塵量超過了根據對此種灰塵所做的專門衛生分析而規定的極限濃度，那末灰塵就有危害影響。

如果灰塵成份中含有有毒物質或有害細菌，灰塵的危害影響就會增大。

很明顯，含鉛、砷、氟或其他任何有害物質的灰塵，對人身是特別有害的，毒害的大小視有害物質的含量多少而定。甚至一般房間里的灰塵，如果含有病原菌，如化膿球菌，結核桿菌等等，也可能是非常危險的。且不談這一點，如果空氣中含有大量的灰塵，就會刺激呼吸道和眼睛的粘膜。

長时期呼吸灰塵能生職業肺病—肺塵埃沉着病。这种病的特点是在器官內能發展一种不參與呼吸的組織（纖維質）並能召致其他一系列的疾患。在含氧化硅（ SiO_2 ）的硅（如石英塵、砂塵等等）塵影响下，这种病流行得非常严重。这种病叫做硅肺病。常見的严重的硅肺併發症，就是結核病。甚至如煤塵这样的中性灰塵，若長时期大量的呼吸，也能引起特殊类型的肺塵埃沉着病，通常称之为炭末沉着病。

呼吸时並不是空气中的所有灰塵都能进到肺里，大部份都阻留在鼻子和上呼吸道的湿粘膜表面上，最后在咳痰和唾涕时排出。只有極微小的灰塵才能浸入深处，停留在肺囊里。一般認為对人較為有害的灰塵是微粒尺寸0.2到8微米的灰塵。

既然有一部份吸入的灰塵被阻留在鼻子和上呼吸道內，所以在灰塵中工作的人最好用鼻子呼吸。失去用鼻子呼吸能力的人，不應該讓他們在有灰塵的環境中工作。

空气中灰塵的極限允許濃度

在苏联以法律的形式規定了厂房里空气中灰塵的極限允許濃度，超过了这个濃度，在任何情況下，都認為是威胁工人身体健康、严重違反衛生規則的現象。这种濃度通常用一立方公尺空气中含多少毫克灰塵来表示（毫克/立方公尺），今將几种灰塵的濃度列举如下。

按着衛生标准的要求，厂房里空气中的含塵量，無論任何時候也不能超过必須采取健康保护措施才能得到保證的極限允許濃度。

衛生标准（标准H101-54）中，对厂房工作地帶空气中

無毒灰塵^①的允許濃度規定如下：

1) 对含石英(石英、石英岩等等灰塵) 超过10%的各種灰塵为2毫克/立方公尺；

2) 對於其它各種灰塵均为10毫克/立方公尺以下。

對於某些他種灰塵，特別是有毒的灰塵，在這些標準和國家衛生監察局的特別決議中另外又規定了空氣中灰塵的極限允許濃度，今將其列於表1。

表 1

生产厂房地帶空氣中灰塵的極限允許濃度

($B=760$ 公厘水銀柱, $t=25^{\circ}\text{C}$)

序 号	物 質 名 称	濃 度 毫克/立方公尺
1	錳和換算成 MnO_2 的錳的化合物	0.3
2	砷酸酐和亞砷酸酐	0.3
3	硝酸酐	5.0
4	氧化鋅	5.0
5	鉛和鉛的無機化合物	0.01
6	硫化鉛	0.5
7	亞碲酸酐	0.1
8	煙草塵和茶塵	3.0
9	磷酸酐	1.0
10	黃磷	0.03
11	鉻酐，鉻酸鹽，重鉻酸鹽	0.1
12	石棉塵(分選和加工時產生的)	2.0
13	不含石英的鈣礦	3.0
14	含石英達3%的石灰石	6.0
15	含石英4--5%的硅藻土礦	5.0
16	含石英達2%的磷灰石	6.0

註： 13 到 16 項中各種物質的數據系根據 1953 年國家礦山化學原料企業設計院所編制的礦山化學原料企業設計技術條件採取的。

① 不含有毒物質的灰塵。

标准 H—101-54 中規定，由通風系統排入大气中的空气的含塵量，對於中性矿塵不应超过 150 毫克/立方公尺。對於石棉灰塵，在国家衛生監察局的特別決議中規定，排出物中的極限含塵量为 100 毫克/立方公尺。

在耐火制品工業安全規程中規定，如果排入大气中的灰塵含石英多於 50%，其濃度就不应超过 20 毫克/立方公尺。

如果排出空气的含塵量比上述者多（这种情况一般在局部除塵排气系統中能看得到），那末在未排入大气之前应当进行淨化。致於应利用什么样的淨化設備和淨化方法的問題，概述如下。

往大气中排放含塵的空气时，不仅其中的剩余含塵量（濃度）有很大的意义，而且总的排塵量，即是每小时同空气一起排出的总的灰塵量也有很大的意义。根据国家衛生監察局批准的技术条件，經通風裝置用的一般的排風筒，允許排入工厂厂区空气中的石棉灰塵的总量是有限度的。这个灰塵总量不应大於 2.5 公斤/小时，而經一个排風筒排出的含塵空气量不应超过 25000 立方公尺/小时。

看来對於所有各种無毒灰塵，应奉行上面提到的規則，但對於中性矿塵，一个排風筒排出的总量可采取 3.75 公斤/小时以下。

若排出空气量很大或含塵的空气量很大，以及灰塵是有毒的灰塵，这样的空气应用較高的排風筒排出，以便使衛生防护地帶^①以外厂区周圍呼吸地帶空气的含塵量不超过国家衛生監察局的特別決議中对該种灰塵所規定的衛生标准。

① 根据企業建築物的衛生标准，有毒物产生源地应当离开住宅区的距离，就称之为衛生防护地帶。

對於一般的通風裝置，含灰塵的空氣用高出該建築物或
 临近建築物屋脊 3 公尺的排風筒排入大氣中。

當灰塵量很大時，這種排風筒應像建造鍋爐房的煙囪一
 樣來建造，但是它的高度不要按抽力，應當按灰塵的擴散來
 計算。遺憾的是，現在還沒有足夠準確和方便的計算方法，
 也沒有選擇排風筒時可以參考的正式的标准和指标。為了做
 概略計算可利用圖 2 所列的圖解表。

在某種情況下，
 例如小型排氣裝置，
 空氣在排風筒里的
 終點速度取 18—20
 公尺/秒，以便為所排
 除的空氣與大氣的混
 合創造良好的條件。
 在這種情況下，在排
 風筒上不允許設置任
 何傘蓋或罩。其實，
 往大氣中排含塵空氣
 時，永遠不應設置這些裝置，因為這些裝置只能阻止空氣的
 流動，抑壓氣流，而且常常是積塵的地方。

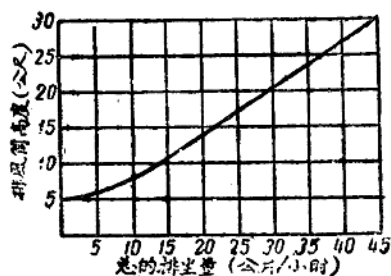


圖 2 往大氣中排數量或濃度高的
 含塵空氣所用的排風筒高度的
 選擇圖解表