

空氣灰塵過濾器

П. А. 科烏佐夫 等 著

葉樹滋 譯

重工業出版社

空氣灰塵過濾器

П. А. 科烏佐夫 等 著

葉樹滋 譯

重工業出版社

本書譯自蘇聯出版的兩本小冊子。一本是全蘇工會列寧格勒全蘇勞動保護科學研究所編的〔空氣灰塵過濾器〕ФИЛЬТРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ)、1949年莫斯科版，就是本譯本的前五篇文章。另一本，亦即本譯本最後一篇文章〔空氣中纖維質灰塵的過濾器〕ФИЛЬТРАМЕРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ВОЛОКНИСТОЙ ПЫЛИ)，係全蘇工會全蘇勞動保護科學研究所嘉桑分所卡略金(В. КАЛЯГИН)所寫，原文是一本小冊子，由全蘇工會出版社於1950年出版。由於最後一篇文章的篇幅不多，而且內容的性質也與前五篇相近，所以把它們合成一冊譯本出版，並可以概括全書內容的〔空氣灰塵過濾器〕作為譯本的書名。

空氣灰塵過濾器

葉樹滋 譯

重工業出版社(北京西直門內大街三官廟11號)出版
北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五五年八月第一版

一九五五年八月北京第一次印刷(1-1,678)

787×1092 • 1/25 • 68,000字 • 3 $\frac{1}{3}$ 印張 • 定價(♀) 0.69元

書號 0316

* * *

發行者 新華書店

目 次

空氣灰塵過濾器	(4)
原 序.....	(4)
由玻璃毛構成的油過濾器..... П. А. 科烏佐夫	(7)
由各種填充物構成的油過濾器.....	
A. G. 克拉夫卓娃與B. C. 甫卡巧娃	(21)
金屬工業廢物所構成的油過濾器..... П. А. 庫達奇科夫	(32)
某些油過濾器的特性之比較..... П. А. 庫達奇科夫	(41)
紙過濾器..... П. А. 科烏佐夫	(46)
參考文獻.....	(67)
空氣中纖維質灰塵的過濾器B. 卡路金	(68)

空氣灰塵過濾器

原 序

勞動保護問題是黨和政府所經常關心的對象，也是我們社會主義國家工會組織切身的事業。在戰後的斯大林五年計劃中，亦反映了這個經常被關心的問題。

在全蘇工會中央理事會的系統中，對勞動保護方面設有專門的科學研究所，這就應該保證對這個最迫切的現代化課題進行研究，使這項工作完全與最新的操作技術相適應，與我們的斯達哈諾夫工作者們不斷在生產中達到的成就相適應，用以保證有高度生產率和有益健康的勞動條件。大家知道，在許多情況下，唯一有效的保健措施就是通風。因此，在我們國家裡，這方面的技術在大規模地研究出來的科學理論的基礎上得到高度的發展，乃是很自然的事。

在通風問題中的重要問題之一，就是空氣的除塵問題。這種在生產上的有害條件是非常普遍的，所以幾年來，它一直是全蘇工會中央理事會列寧格勒勞動保護科學研究所的一項研究題目。

勞動保護研究所的一些論著第一次闡明了灰塵是一種分散系統，以及從通風技術的觀點來研究灰塵的物理性質。這樣的著作如Г. И. 羅馬紹夫（Ромашов）著：「工業灰塵沉降和凝聚理論概要」，ЛИОТ *，1935年出版，「決定工業灰塵分散成分之基本原理與方法」，ЛИОТ，1938年出版。

尤其是這些論著確定了微塵部分在一般淨化問題中所起的特殊作用，這一點已經反映在對現代化除塵裝置所提出的各項要求中。

除了在工業灰塵的系統化研究方面的上述論著以及其他一些論著（如「空氣的除塵問題」，Л.С. 克略奇科（Клячко）編輯，ВНИ-

* ЛИОТ，為列寧格勒勞動保護科學研究所之俄文縮寫。

TOTOB 1940 年出版) 以外, 研究所曾為創造國產* 的高效率除塵裝置而進行過工作, 其中有許多如濕潤式過濾器, 乾式和濕式旋風除塵器等, 在工業上都得到了普遍的應用 (П. А. 科烏佐夫 (Кой-30B) 著, 「空氣的旋風除塵器去塵法」, ЛИОТ 1938 年出版)。

研究所在戰前時期的研究工作, 主要是研究從車間內的有灰塵裝置中所抽出的空氣之淨化問題, 而在戰前和戰後的幾年內, 研究所的研究工作, 都是針對在引進室內的空氣之除塵問題上的。這些工作的安排, 是與我國先進的社會主義法律對於車間和宿舍內部空氣的淨化問題所提出的那些日益增長着的要求相符合的, 因此在技術上必須作不斷的改進。

實際上, 如果根據目前已經提出來的等級按照空氣中含灰塵的程度來評定空氣的品質^{18**}; 並將這些數據與大城市接近地面的大氣中

清潔的, 不污濁的地方	—0.25 毫克/立方公尺
稍微污濁的地方	—1.0 "
中等污濁的地方	—2.0 "
相當污濁的地方	—4.0 "
特別污濁的地方	—5.0 "

所含的灰塵量 相比較:

調 查 地 點	調 查 時 間	
	1935年6月	1936年7月
大規模的金屬加工廠附近.....	5.0 毫克/立方公尺	4.6 毫克/立方公尺
火車站附近.....	3.6 "	3.2 "
醫學院的花園中.....	1.2 "	1.3 "
文化公園中.....	0.8 "	0.8 "
城外的公園中.....	0.5 "	0.5 "

因此為了使進入房間的空氣清潔而創造過濾器的問題, 顯然是合乎時宜而且是迫切的。

* 指蘇聯, 下同。——譯者。

** 上角碼是指參考文獻的號序, 下同——譯者。

本書載有研究所工業通風研究室所進行的各項研究工作的結果，他們研究出許多用以淨化進入室內的戶外空氣的除塵裝置和過濾器填充物。如此大量的有着不同性質的各種填充材料和它們的互相組合，不僅使各製造廠易於具體的選擇適於大量生產標準過濾器的材料，同時各使用廠也可以利用本廠的各種工業廢物，自製供本身需要的過濾器。

應當特別指出的是：科學研究所物理化學實驗室 И. Г. 沃羅霍賓 (Ворохобин) 同志為找尋具有高度容塵量的特種油類的成分而進行的科學研究工作，是有價值的。研究所研究出的過濾器，由玻璃毛構成，覆蓋上這種油，顯示出了這種油有高度的集塵性能。

在本書中，除了具體的、純粹是關於過濾的實施方法之實際指示以外，也說明了過濾器填充物所具有的規律性。這樣使人們能了解到淨化的作用，並能根據空氣中的含塵量，灰塵的散布程度和填充物的容塵量，在指定的淨化度與使用時間上來選擇過濾器。

研究所以為，這本書對於設計部門、大批製造過濾器的製造廠以及使用廠，在創立和使用高效率除塵裝置來過濾進入室內的空氣方面，都會有實際的幫助。

全蘇工會中央理事會列寧格勒

全蘇勞動保護科學研究所

由玻璃毛構成的油過濾器

技術科學候補博士 П. А. 科烏佐夫 (КОУЗОВ)

1. 過濾器的除塵原理及其構造

從本質上看來，油過濾器的除塵程序是各種各樣的。研究這類過濾器時，要研究它的某些顯明的規律性；不過，也可以肯定的來談談關於它們的作用原理。油過濾器的除塵原理，是當分散的空氣氣流沿着彎路，作旋風式的運動經過填充物時，其中所含的灰塵廢物，積集在被油覆蓋的填充物表面上。

術語「過濾」的通常解釋，應用到油過濾器上是不適合的。這些過濾器所發生的集塵作用，並不是因為它們（灰塵顆粒）的直徑比填充物的孔大。甚至在最細孔的油過濾器中，除塵過程也不是按這種方式進行。因為填充物的單獨通路之空隙，比灰塵顆粒要大得多。

清除空氣中灰塵所用的油過濾器，按其構造說，式樣是很多的。這些過濾器的基本構造，由所用填充物的特性而決定。

對於特定的灰塵種類和一定的空氣負荷時，油過濾器的集塵能力根據以下兩個因素而定：過濾器填充物的結構和用來覆蓋填充物的油的性質。

現在使用以下幾種的油過濾器填充物：

1. 金屬環或磁環，此係所謂黏性油* 過濾器所用者¹；
2. 鋼絲網或鋼絲柵——莫斯科「西羅科（Сирокко）」工廠²的自身淨化式油過濾器和列寧格勒城「列寧」工廠出品的油過濾器** 所用者；
3. 有孔的鐵板——脫羅諾夫（Тронов）式過濾器¹所用者；
4. 波紋狀的金屬板——羅真巴烏姆（Розенбаум）式過濾器³

* 黏性油（Виспипное масло），為自石油中得到的礦物油混合物。在 20°C 時它的英格爾氏黏度不小於 15。——譯者。

** 見本書 А. С. 克拉夫卓娃及 В. С. 甫卡巧娃所寫的文章。

所用者：

5. 金屬的刨片或金屬絲——由生產上的廢物製成的油過濾器 * 所用者。

約在 1930 年末，開始使用由玻璃毛作填充物的油過濾器。

與用上列的填充物填充的過濾器不同（除所指的第 5 種以外），用玻璃毛填充的過濾器不必再生，在利用之後就可拋棄掉。不再生的理由為無論是填充物，或是由紙板製成的過濾器架框，價格都比較低廉。應該考慮到再生是十分複雜的手續，這類過濾器所表現出的特點，使除塵裝置的使用大大簡單化，而且費用也降低了。

提給列寧格勒勞動保護研究所的主要問題之一，是擬定一種最適宜於覆蓋玻璃毛的油的成分。ЛИОТ 物理化學實驗室的老科學工作者，И. Г. 沃羅霍賓順利地完成了這一任務。

現在工作的目的，是將這種成分的油作一比較的估價，以及試驗由「友誼之山（Дружная горка）」玻璃毛工廠的廢物所製成之過濾器，和研究它的某些規律性，鑑定由玻璃毛構成的油過濾器中之除塵過程*。

2. 試驗用的過濾器的式樣和試驗裝置的方案

用三種過濾器進行研究，將它們放在尺寸為 $500 \times 500 \times 50$ 公厘的標準架框中（圖 1）。框子的內尺寸為 450×450 公厘。

第一種過濾器，用「友誼之山」工廠所出產的廢物作為填充物，它是直徑自 300 至 1000 微米的玻璃毛。過濾器用手填充。在用油覆蓋後，玻璃毛的重量為 2350 克。

第二種過濾器，它的填充物是直徑自 100 至 300 微米的玻璃毛。填充層裝設在含灰塵空氣進入過濾器的入口方向，由直徑為 200 至 300 微米的玻璃毛所組成，具有較稀的網狀組織；裝設在空氣離過濾器的出口方向之填充層，具有較密的組織，由直徑為 100 至 150 微米的細玻璃毛構成。玻璃毛重 500 克，而油重 120 克。為了覆蓋這種過

* 為 ЛИОТ 研究員 В. С. 甫卡巧娃及 А. С. 克拉夫卓娃所完成的工作。

濾器填充物，採用由 ЛИОТ 物理化學實驗室所製成的特種油。它的組成如下：附加有軟脂酸鋁（或硬脂酸鋁）的 L 2 T 號機油和硬黃油，或用硬脂酸鈣代替後者。這種油在浸潤過濾器時，使玻璃毛有細網狀的覆蓋物，甚至在振動過濾器時，它也是不流動的。圖 2 的尺寸已被放大，用以說明油挂在玻璃毛上的大概形式。將油加熱至 140°C ，用從兩面噴射的方法，使過濾器進行蒙油。油直接撒在空氣所經過的過濾器斷面上。爲此目的，過濾器設在專門的箱內，用抽風機從那裡面吸取空氣。

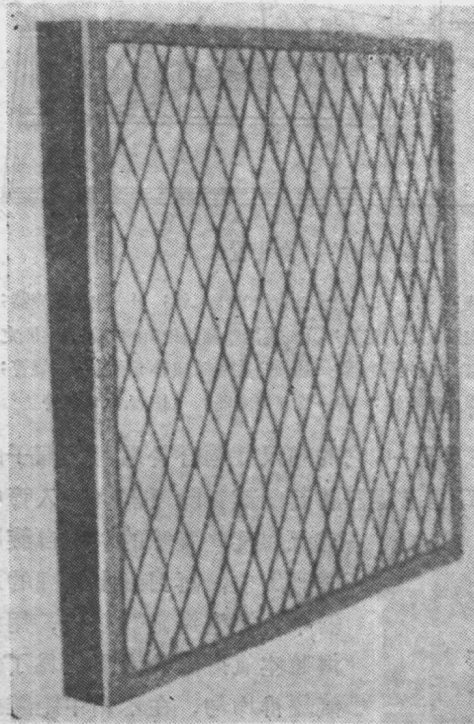


圖 1

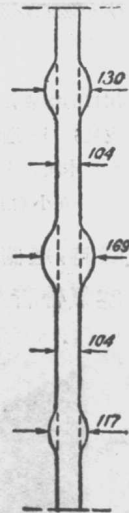


圖 2

工廠中製造過濾器時，最好將油加在還未冷卻的，剛剛由熔爐出來的玻璃毛上。無疑的，這種方法有一定的優點，因爲油的分子能完

全覆蓋住玻璃毛的表面。

第三種過濾器是由外國輸入的。填充物的構造和玻璃毛的直徑與第二種過濾器相同。油的成分不知道，重 130 克。

過濾器的試驗用專門的裝置來進行，它的大概樣式以圖 3 表示。

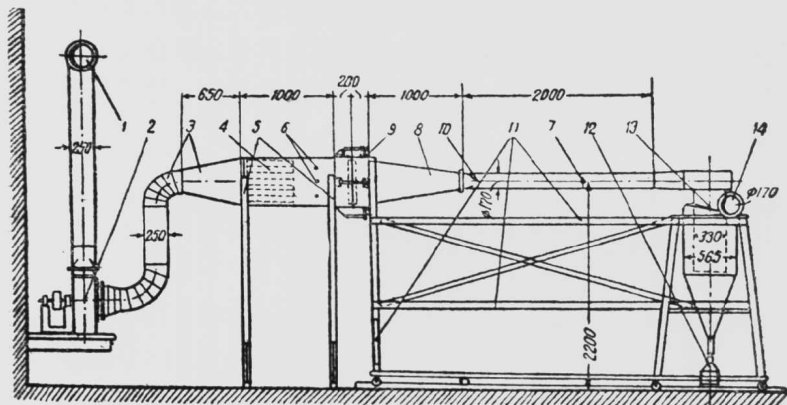


圖 3 油過濾器的試驗裝置

- 1—出口的空氣管； 2—抽風機； 3—自木箱至抽風機的空氣管； 4—空氣導流器；
- 5—支柱； 6—過濾器後面的空氣灰塵測定孔； 7—旋風除塵器後面的空氣灰塵測定孔； 8—木箱； 9—由玻璃毛組成的油過濾器； 10—自旋風除塵器至木箱的空氣管；
- 11—在小輪上的架子； 12—集塵箱； 13—旋風除塵器； 14—入口空氣管

試驗時，過濾器裝置在木箱中，它的內尺寸適合於過濾器框子的外尺寸。空氣帶着灰塵直接到達過濾器前面的旋風除塵器之吸入管中。

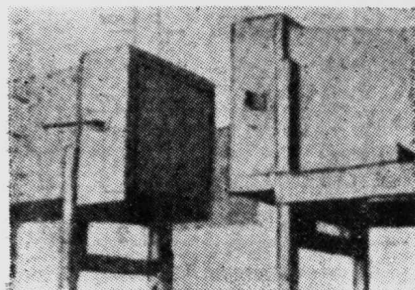


圖 4

空氣和某些殘餘的灰塵自旋風除塵器出來，再引到木箱裡的過濾器中，經過過濾器以後，用抽風機將空氣排除入大氣。為了使空氣流得均勻，在木箱中距離過濾器 600 公厘前裝置了如「蜂巢」狀的導流器。利用箱子的右部與旋風除塵器一起轉開的方法，進行過濾器的移置和更換(圖 4)；

箱子的右部和旋風除塵器與框子一起裝在一個共同的架台上，在移置過濾器等時，同時可稱量箱子裡的供取灰塵樣品用的集塵管之增重。

3. 灰塵的散布成分及其濃度

當用人造的灰塵試驗過濾器時，採用散布成分和其他特性與大氣中灰塵近似的標準灰塵是最適當的。使用標準灰塵，頂好是與那些實驗室和研究所的各種試驗結果相比較，那樣對於解決創立有效的淨塵裝置問題，就便利得多。因此，試驗的灰塵標準之擬定，是個很重要而且迫切的問題。

本文所敘述的，是採用磷灰石的精選礦作為試驗的灰塵。為了增加散布的程度起見，使磷灰石的精選礦預先通過旋風除塵器。大家知道，由最細的顆粒所形成的灰塵，不是旋風除塵器所能捕集的。

按照顯微鏡觀察的結果，在旋風除塵器以後和過濾器以前的所有灰塵顆粒，其大小不大於 10 微米。分析在空氣分離器中的過濾器所捕集的灰塵，說明 88.1% (重量) 由 0 至 5 微米的顆粒組成，11.9 % 由 5 至 10 微米的顆粒組成。空氣分離器中的灰塵研究結果¹⁹ 以圖 5 表示 (開始的灰塵散布成分及離開旋風除塵器的灰塵成分之曲線)。

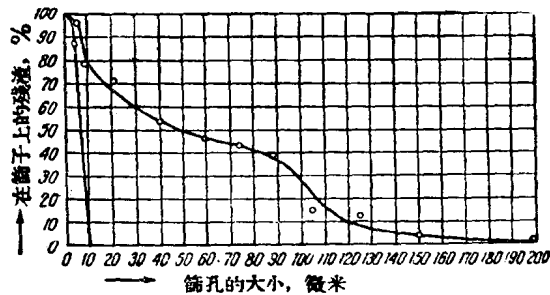


圖 5 磷灰石精選礦的散布成分

應用這種高散布度的灰塵有兩個理由。第一是因為高散布度的灰塵使空氣的淨化度減低，因此使得過濾器的比較估價和它們的某些規律性之鑑定，都可以顯露得更清楚。

第二個理由主要為由玻璃毛構成的過濾器，普通用以淨化室外的或再循環的空氣。通常，那種空氣中所含的灰塵具有很高的散布度。為了充分證實這一點，可引用 A. Г. 伊奧尼娜 (Ионина) 的研究，她按照列寧格勒城靠近地面部分的大氣中所含的灰塵成分，得出以下的數據：灰塵顆粒小於 5 微米的為 86.5—93.4 %，自 5 至 10 微米的為 6.6 — 12.5%，而大於 10 微米的顆粒，全部只有 0.3—1.0%。

當試驗過濾器時，一個重要的條件是選擇開始的灰塵濃度。為了說明灰塵濃度對淨化度的影響，做過一些專門的試驗。在 20 至 200 毫克/立方公尺的範圍內變更灰塵濃度時，這些試驗裝置的淨化度，實際上保持不變。文獻中也載有類此的數據。

在上述的範圍內，淨化度與空氣中的含塵量無關；所以以後的試驗中，可以採用較高的灰塵濃度——100 毫克/立方公尺，雖然對於油過濾器的通常使用中，這個數值並不是標準的。增加開始的灰塵濃度，大大的簡化了同時確定了試驗進行的基本方法。

4. 過濾器中含灰塵空氣的淨化度

淨化度用兩種方法來決定：

1. 根據測定過濾器以前和以後的空氣中灰塵濃度之結果。
 2. 根據稱量過濾器和稱量被旋風除塵器的所捕集的灰塵之結果。
- 在第一種情況下，過濾器的淨化度 $[E_{\phi}]$ 按下式計算：

$$E_{\phi} = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \times 100 \%,$$

式中： K_1 ——過濾器以前的灰塵濃度，

K_2 ——過濾器以後的灰塵濃度。

過濾器以前和以後的灰塵濃度，用裝滿石棉纖維的 [ЛНЮГАЗ] 型玻璃集塵管 (圖 6) 測定。具有石棉纖維的集塵管，先乾燥到一定的重量 (時間大約為六小時)。在集塵管取樣口中的空氣速度，保持其等於空氣管中的空氣流速。為了要增加木箱裡過濾器後面的集塵管

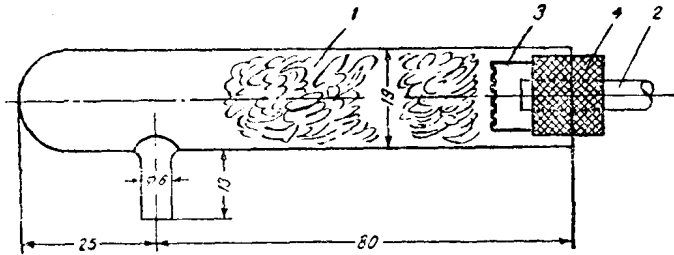


圖 6

1—石棉紙綉； 2—玻璃集塵管； 3—綉； 4—塞子

中所通過的空氣量（那裡的空氣速度是不大的），可以將集塵管的大口，對着空氣氣流的方向。

在第二種情況下，過濾器的淨化度 $[E_{\phi}]$ ，由過濾器中所增加的灰塵重量對未被旋風除塵器所捕集的灰塵重量之百分比來決定：

$$E_{\phi} = \frac{P_3}{P_1 - P_2} \times 100 \%,$$

式中：
 P_1 ——旋風除塵器以前的空氣吸入管中所散布的灰塵重，
 P_2 ——旋風除塵器所捕集的灰塵重，
 P_3 ——由被捕集的灰塵所增加的過濾器重。

試驗時間為 6 至 10 分鐘（由空氣中開始的灰塵濃度而定）。散布的灰塵重（ P_1 ），由計算已知的旋風除塵器淨化度和稱量過濾器的精確度（等於 0.01 克）而決定。

試驗開始時，先檢查過濾器前面的擴散口中所沉積的灰塵量。由檢查的結果知道，在過濾器前面的擴散口中和箱中所沉積的灰塵，是很不重要的，實際上不會影響到試驗的結果。

在整理試驗材料的過程中看出，依照過濾器的增重所求出的淨化度，比較依照空氣中的灰塵濃度所求出的淨化度，有更可靠的結果。因為這個（在最後整理試驗結果時）淨化度的全部數值，是根據稱量該過濾器單體而計算出的。

研究影響淨化度的主要因素時，一個過濾器單體上的「空氣負荷」（送到過濾器的正面單位面積上的空氣流量）之值，保持為

1000立方公尺/小時。研究空氣負荷對淨化度的影響時，一個單體上的空氣負荷在 600 至 1200立方公尺/小時 的範圍內變動着。

上述三種過濾器單體的主要試驗結果，列於綜合圖上，以圖7表示。

從審查這些數據看來，由「友誼之山」工廠的玻璃毛廢物所構成的過濾器，它的淨化度是比較令人滿意的，其值為 60—75 %，而且按照過濾器的集塵量，淨化度有逐漸增加的趨向。由細玻璃毛作填充物的第二種過濾器。淨化度稍微高些，開始捕集灰塵時，它介於 69

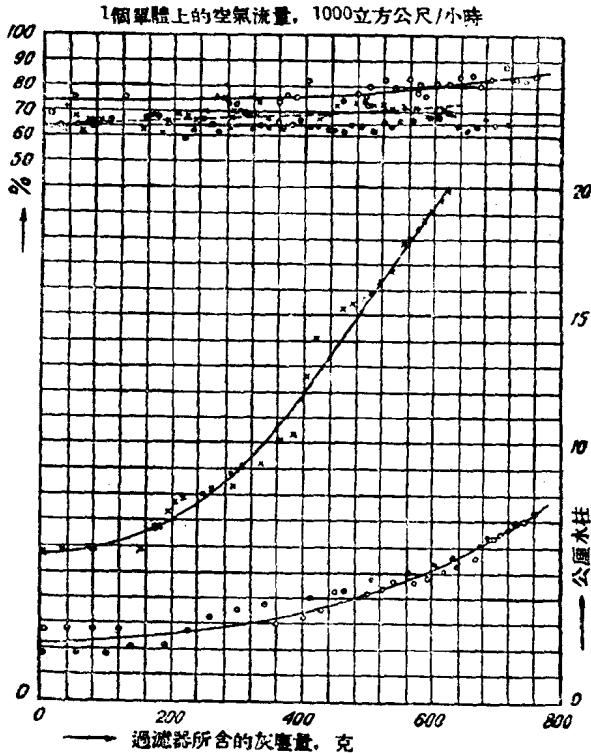


圖 7 玻璃毛構成的油過濾器捕集磷灰石灰塵的工作特性曲線

X—由「友誼之山」工廠的玻璃毛廢物構成的過濾器；O—由細玻璃毛構成的過濾器，覆蓋上 ЛЮТ 的油；•—外國輸入的過濾器

—75%之間，而當結束時它大大地增加，達到 80—85%。第三種外國的過濾器淨化度較低，為 60—70 %。

比較過濾器的效率，根據沒有被它捕集的灰塵百分數，更合理和更明確地來製造它。當過濾器（第二種）中覆蓋上 ЛИОТ 物理化學實驗室的油時，離開過濾器的灰塵百分數為 31—15 %，這時如用外國輸入的油覆蓋時，離開它的百分數達到 40—30%。換言之，對於玻璃毛所組成的過濾器，使用本國的油，和使用外國的油比較起來，可以將灰塵的殘餘濃度減少 25—50%。

以上的現象已經指出，過濾器的淨化度，按照它所捕集的灰塵量而增加。這種淨化度的增加，可以說明是由於過濾器孔隙的收縮。過濾器中的油要很充足，以便能覆蓋住沉積的灰塵顆粒。因此，當製造過濾器時，將它裡面被油浸潤的表面，要做得寬裕一點。

在進行的試驗中，雖然過濾器被灰塵飽和已達到相當大的數值（760 克），但一直沒有看到它的淨化度減低。這個證明了 ЛИОТ 油的成分，在作玻璃毛的適當覆蓋物時，能滿足所提出的要求。此外，這種油具有滲透到灰塵積層中去的能力，造成捕集多層灰塵的條件。

不用油浸的再生式過濾器，人們對於它的集塵能力之研究結果，也發生一定的興趣。同樣用所述的磷灰石灰塵作實驗，當過濾器開始捕集灰塵時，它的淨化度也能達到那個數值，像用油覆蓋的過濾器一樣。不過按照過濾器的集塵量之增加，淨化度開始逐漸減低。起初這種降低是緩慢的，但以後淨化度明顯下降，因為那時灰塵已布滿了過濾器而開始不被捕集了。同時在不覆蓋油的過濾器中，也看得到有玻璃毛碎片飛出。必需指出，不覆蓋油的過濾器，在開始工作時具有較高的集塵能力是因為磷灰石灰塵有黏到玻璃毛上的特性，顯然，這是電荷不同的結果。當決定磷灰石灰塵的散布程度時，在空氣分離器的玻璃柱中，也看得到這個現象。

研究空氣負荷（即帶到過濾器正面面積上的空氣氣流速度）對空氣灰塵過濾器的淨化度的影響之試驗結果，提供了顯然的理論與實際的興趣。從下面的表 1 可看出，由玻璃毛構成的過濾器（第二種）之淨化度，按空氣負荷的增加而增加。

表 I

試驗序號	在 1 個單體上的空氣負荷， 立方公尺/小時	淨化度 %
1	600	61.2
2	1,000	73.7
3	1,200	75.1

驟然看來，是難以置信的，淨化度由空氣負荷之增加而增加的現象，完全合乎規律，而且，很符合於以上說過的油過濾器之除塵原理（參照第 1 節）。實在，空氣的流速愈大，就愈加尖銳地顯示出自己的慣性力，依靠它，灰塵顆粒積集到被油覆蓋的表面上。

E. A. 斯達羅卡多姆卡婭（Старокадомская）¹ 的著作中，也有增加淨化度的敘述。但是那篇著作對於彼此間的相互關係，說得很不正確，就是：淨化度與空氣負荷的平方成比例而增加，這種說法與現象上的物理意義相矛盾。相反，流速增大時，淨化度慢慢增加，而後者成漸近線接近到某種極限，它是被過濾器的構造和灰塵的種類所決定的。對於大顆的灰塵及構造完善的過濾器，這種極限是 100% 的淨化度。

5. 過濾器的阻力和耐久時間

過濾器的阻力，由下面兩種數值而決定：

1. 在一個過濾器單體上，空氣負荷一定而等於 1000 立方公尺小時時，過濾器所捕集的灰塵量。

2. 飽含灰塵的過濾器當它的某些性質不變時的空氣負荷之值，由圖 7 可看出，過濾器的阻力由它的含塵量之增加而增加。

在第二種和第三種過濾器中，表示出的這個關係實際上為同一曲線。由「友誼之山」玻璃毛工廠所製成的過濾器單體，它的阻力增加