

工業塵烟及 有毒氣體的分析

毛志翔編譯

人民衛生出版社

工業塵烟及 有毒氣體的分析

毛志翔 編譯

人民衛生出版社

一九五六年·北京

內 容 提 要

本書敘述了有關工業塵烟及有毒氣體分析上的實際操作,包括了無機、有機工業毒物 114 種的定性檢驗與定量分析的多種方法,可供醫學院公共衛生系學生及工礦工作者作為參考之用。

工業塵烟及有毒氣體的分析

書號:1939 開本:850×1168/32 印張:9 1/8 字數:246千字

毛 志 翔 編 譯

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

• 北京崇文區錢子胡同三十六號 •

人民衛生出版社印刷 • 新華書店發行

1956年4月第1版—第1次印刷

印數: 1—2,000

(長春版) 定價:(7) 1.27元

前 言

隨着國家第一個五年經濟建設的需要，各項工業，特別是重工業一定是蓬勃地向前發展。因此在工礦車間的空氣中，如何利用化學分析方法來測定各種工業塵烟及有毒氣體的含量，以推斷其有無達到危害的程度，實是保障勞動人民健康與保證勝利完成經濟建設任務的一個重要課題，此即為作者編譯此書的動機。

本書所列分析方法，主要參考：M. B. Jacobs: The analytical Chemistry of Industrial Poisons, Hazards and Solvents(第二版)(1949)。為了適合目前情況，盡量選用比較普遍的藥品儀器 and 實驗方法；同時有的並更使其具體化以便應用。

此外，並搜集了一些近年來國人在這方面的成就，但因手頭的資料有限，不能盡所列入，掛一漏萬，一定很多。

在今日一般分析中，以比色法與容量法為最普遍，因此本書取材亦以此為主。

本書之編，除保持一定的系統外，並使各有其獨立性，以便單獨選用。

本編所用化學名詞與術語，依照 1955 年中國科學院公佈的「化學化工術語」譯出，其中有關有機化合物的名稱，都附有原文，目的在使用者便於查考。

編者對工業毒物分析雖較有興趣，但以材陋識淺，編譯此書，不妥之處一定難免。希望讀者多多提供意見，以期共為新中國的衛生事業而努力。不勝感盼。

毛 志 翔

於杭州浙江醫學院 1955 年 8 月

目 次

第一編 工業塵烟及有毒氣體採樣	1
第一章 採樣	2
第一節 灰塵與烟的採樣	2
第二節 塵粒的計數及大小測定	8
第三節 氣體與蒸氣的採樣	10
第四節 採樣動力	17
第五節 氣體的流量與流速裝置	19
第二編 工業塵烟及有毒氣體的分析(無機部分)	22
第一章 金屬塵烟	22
第一節 鉛	22
第二節 汞	33
第三節 銅	37
第四節 鎘	40
第五節 砷	42
第六節 銻	47
第七節 錫	51
第八節 鈾	53
第九節 鉍	56
第十節 鈮	57
第十一節 鈷	59
第十二節 鎳	62
第十三節 鈾	66
第十四節 鐵	69
第十五節 鉻	71
第十六節 錳	75
第十七節 鋅	78
第十八節 鈹	83
第十九節 鈷	86
第二十節 銀	87

第二章	鹵素及其普通有毒化合物	90
第一節	氯	90
第二節	氯化氫	95
第三節	光氣	98
第四節	二氧化氯	100
第五節	溴	102
第六節	氟化物	104
第三章	硫族元素及其普通有毒化合物	109
第一節	硫酸	109
第二節	二氧化硫	112
第三節	硫化氫	115
第四節	二硫化碳	118
第五節	混合揮發性硫化物	122
第六節	一氯化硫	125
第七節	氯化亞硫醯	126
第八節	氯化硫醯	126
第九節	氧硫化碳	127
第十節	硒	127
第十一節	碲	132
第十二節	臭氧	135
第四章	磷及氮普通有毒化合物	137
第一節	磷	137
第二節	磷化氫	141
第三節	三氯化磷	143
第四節	五硫化二磷	145
第五節	氮的氧化物	145
第六節	氨	151
第七節	胂	154
第八節	三氯化氮	156
第九節	氯化亞硝酸	157
第五章	碳的氧化物 氰 矽	158
第一節	一氧化碳	158
第二節	二氧化碳	163
第三節	氰化物	166

第四節	氯化氫和溴化氫	172
第五節	氯氨基化鈣	173
第六節	矽	175
第三編	工業塵烟及有毒氣體的分析(有機部分)	177
第一章	脂肪族烴	177
第一節	汽油	177
第二節	揮發油	177
第三節	乙炔	178
第二章	芳香族烴	180
第一節	苯	180
第二節	甲苯	182
第三節	二甲苯	184
第四節	乙苯	185
第五節	萘	186
第六節	松節油	187
第三章	鹵化物	190
第一節	三氯甲烷	190
第二節	四氯化碳	192
第三節	三氯乙烯	194
第四節	一氯化苯	196
第五節	二氯化苯	197
第六節	溴甲烷	197
第七節	溴乙烷	199
第八節	1,2-二溴乙烷	199
第九節	二氯乙醚	201
第十節	氯乙醇	202
第四章	醇 醚	204
第一節	甲醇	204
第二節	乙醇	206
第三節	丙烯醇	209
第四節	異丙醇	210
第五節	正丁醇	211
第六節	戊醇	212
第七節	環己醇	214

第八節	乙烯二醇	215
第九節	乙醚	218
第十節	對二氧陸圓	219
第十一節	環氧乙烷	219
第五章	酸 酯	221
第一節	乙酸	221
第二節	甲酸	222
第三節	酯類	224
第四節	硫酸二甲酯	227
第六章	醛 酮	228
第一節	甲醛	228
第二節	乙醛	231
第三節	丙烯醛	233
第四節	丙酮	237
第五節	丁酮	239
第六節	戊酮	240
第七節	己酮	241
第八節	甲基異丁酮	241
第九節	環己酮	241
第七章	酚類 苯胺及其他有機氮化物	244
第一節	酚	244
第二節	甲酚	250
第三節	間苯二酚	251
第四節	鄰苯三酚	252
第五節	苯胺	253
第六節	甲苯胺	257
第七節	N, N 二甲基苯胺	258
第八節	二苯胺	258
第九節	對苯二胺	259
第十節	硝基苯	261
第十一節	三硝基甲苯	262
第十二節	二硝基酚	263
第十三節	苦(味)酸	265
第十四節	二硝基氣苯	265

第十五節 氯化苦	266
第十六節 硝化甘油	268
第十七節 氮(雜)苯	269
第十八節 菸鹼	270
附錄	273
一、各種工業毒物在空氣中的最大允許濃度表	273
二、幾種常用標準溶液和指示劑的製備	276
三、1952年國際原子量表	280
參考文獻	282

第 一 編

工業塵烟及有毒氣體採樣

在生產過程中，一些工業材料往往會形成塵烟或蒸氣，瀰散在廠房與礦場的空氣中。這些物質的絕對量雖然多半是非常微小的，但是達到某一程度時，會引致危害，影響勞動工人的健康，在醫學上有所謂職業病的形成。

因此主持工礦衛生工作者必須經常分析工礦車間的空氣，檢查空氣中有害物質的性質與含量，這是研究工業衛生、保障勞動工人安全與健康的必要的一環。這方面的工作大多是屬於化學定量分析的，藉此可以斷定工礦車間的空氣中所含塵烟或蒸氣是否達到危害工人健康的程度，而採取必要的措施以保障勞動工人的健康。

在一般分析中，如工礦、飲水或藥物分析等，分析者不一定需要親自去廠房或產處取樣，那不熟識檢物性能者亦可取樣送交分析者檢驗。但在工業毒物分析中則不然，分析者必須親臨礦場或廠房，利用一些特殊的設備採取試樣後，才能進行分析。採樣的準確與否，可以直接影響到分析的結果。

由此可知，進行工業毒物分析，採樣一項是非常重要的，因而在分析之先，必須熟知如何採樣。

第一章 採 樣

進行工業毒物分析，必須到工礦車間實地去採集樣品。但是，一切灑散在空氣中的工業毒物，是呈兩種形態存在的，一是灰塵與烟的固體狀態；另一是氣體與蒸氣狀態。因此採樣的原理與方法各不相同，現分別討論如下。

第一節 灰塵與烟的採樣

工業灰塵與烟在空氣中，由於多相存在，且具有沉降的傾向，因此自空氣中採集工業灰塵與烟，是利用分離的方法，將其與空氣分開。由於所用的設備不同，一般有下列三類的分離方法。

一、撞擊式採樣

這是利用塵埃撞擊的原理來採樣。將帶有塵烟的空氣，以高速度撞擊到一硬的平板上，板上蓋有一層適當厚度的物質如水或油狀液體，則塵烟即因被撞擊而留在此溶液中。通常有下列各種不同的撞擊裝置：

(一) 格氏(Greenburg-Smith)撞擊器：此器係一玻璃製成的圓筒(圖1)，其中有一26厘米長15毫米外徑的硬質玻璃管，管的末端(即空氣出口)稍形縮小，其內徑為2.3毫米。當空氣流經此處，可使其撞擊到垂直的玻璃板上。玻板與出口距離為5毫米。玻板上面覆有至少2.54厘米(即1英寸)深的無塵蒸溜水或其他適當的液體，作為撞擊媒，使空氣中灰塵遺留下來。

此項裝置，適用於直徑大於0.7微米塵粒的採樣。若採取較小的塵粒，如鉛塵與氯化物烟氣等，就應將二只撞擊瓶串聯起來用。

此器有許多優點：

1. 可以採集大量空氣及其所含有害物質供各種檢查用。
2. 可以直接觀察到氣流情況，便於掌握。
3. 採樣方法簡單，各種配備易於製造。

但須設置抽氣設備，如電動抽氣機、氣量計等，較不方便。

此外亦有小型的，如圖 2 所示^①。其構造與格氏撞擊器相似，但通過空氣的管口的直徑僅 1 毫米，而出氣管端與筒底距離仍為 5 毫米。抽氣速度每分鐘 2.8 升。適用於採取直徑在 0.7 到 10 微米的塵粒，效力與格氏撞擊器相等。

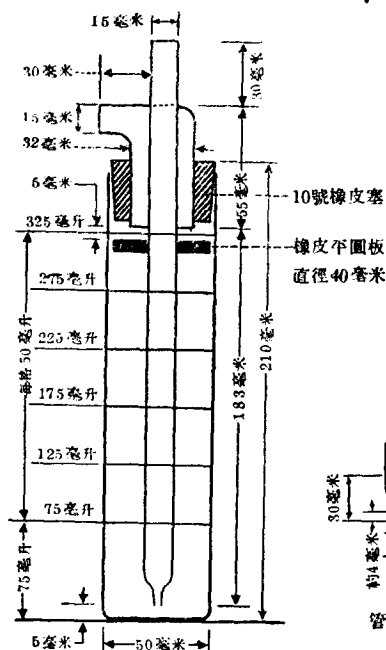


圖 1 格氏撞擊器

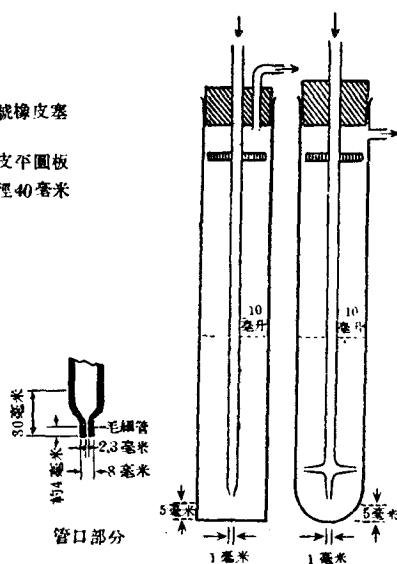


圖 2 小型撞擊器

(二) 改良式格氏撞擊器及小型撞擊器^②：此項撞擊採樣器，如圖 3 所示。與上述不同處，是此器完全用玻璃製成，不用橡皮塞。這樣既便於清洗，又不與酸鹼和有機溶劑等引起反應，使採樣液遭到污染，這是它的最大優點。

同時整個採樣器較上述的細長，而小型的又有向內凹進的磨

① 薛漢麟：工業塵末的採樣與顆粒計數（中華醫學雜誌，1953 年 4 月 第四號 247—254）

② 薛漢麟：格氏撞擊式採樣器標本的灰塵顆粒計數（中華衛生雜誌，1955 年 2 月 第一號）

砂套口，這樣可減少採樣時滾騰的採樣液逸出採樣管外的機會。

由於這類撞擊器出氣口的內徑，及其至筒底壁的距離對於採樣的效率關係至要，因此本器在這兩點上並無改變，與上述的一樣。

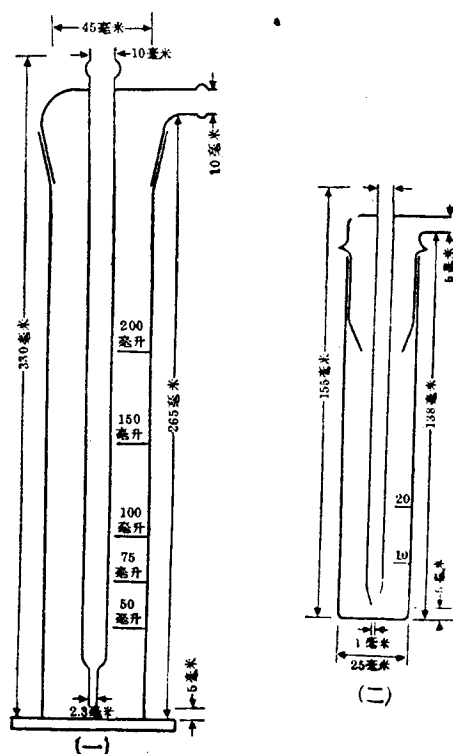


圖3 (一)改良式格氏撞擊器
(二)改良式小型撞擊器

(三) 奧文斯灰塵計數器：奧文斯 (Owens) 灰塵計數器由濕潤管 1，頭部(包括沉澱室) 2 和唧筒 3 三主要部分構成(圖 4)。頭部和唧筒中間有一三路活栓 4。藉其安置位置的不同，在橫位 4₁ 或在直位 4₂，可使空氣經過頭部，或不經過頭部而只經過濕潤管進入唧筒。

濕潤管係一中空的金屬管，內中置有一層濾紙。在採樣之前，

必須將濕潤管中的濾紙滴上幾滴水濕潤，而後將三通活栓轉到橫位上，空抽數次後，再將活栓轉到垂直位置，再正式抽氣。正式抽

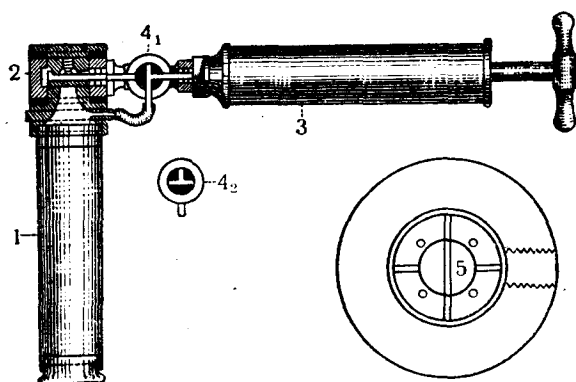


圖4 奧文斯灰塵計數器

1. 濕潤管；2. 頭部（包括沉澱室）；3. 唧筒；4₁ 三通活栓在橫位；4₂ 三通活栓在直位；5. 狹縫。

氣時應猛拉急抽，但送回唧筒活栓應該緩慢。在頭部和濕潤管相連處有一寬 0.1 毫米長約 10 毫米的狹縫 5，狹縫後 1 毫米處有一藉彈簧固定的乾潔蓋玻片。唧筒是 50 毫升容積，抽氣次數隨着室內灰塵的多寡而定，一般是抽二、三次。當測定空氣藉唧筒向後拉而進入濕潤管，被水蒸氣所飽和後，即以高速通過狹縫進入比較寬廣的室中。這時氣流速度顯著減低，並發生伴隨氣溫下降的絕熱體積膨脹。這膨脹使水蒸氣從空氣脫離出來而凝結在塵粒上；於是增加了塵粒的重量並使之帶有粘性。由於急拉唧筒，空氣以猛力撞到蓋玻片上，然後以直角折轉，由器頭部的側管逸出，則比空氣分子惰性大的濕潤塵粒因來不及轉彎，撞到蓋玻片上，便被粘着在蓋玻片上，而形成了灰塵線條。

然後在蓋玻片邊緣塗以少量膠水，使灰塵

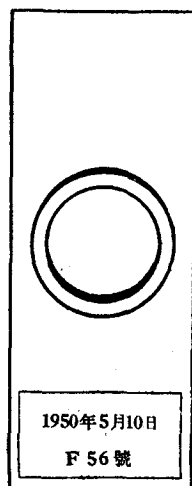


圖5 灰塵標本

向下將其覆蓋在揩淨的載玻片上，製成標本(圖 5)，以便計數。

二、沉澱式採樣

沉澱式採樣設備，有靜電沉降器：根據考氏(Cottrell)聚塵器原理，懸浮在空氣中的極微顆粒，若使通過一直流電場，則該微粒因感應作用，帶有電荷，遂被正極或負極吸引而降落。此器即利用是項原理構成。器有一金屬管，管直徑在 3.8—7.6 厘米間，管中央是導體線電極，另一極是管或其導體襯裡或遮蓋物。電壓在 8,000—30,000 伏特間。當空氣通過管中時，遇此電場，其中的塵粒即沉降在器管的內部或管壁上。然後，謹慎地將其取出作為分析或計數用。此器適用於採取直徑在 0.7 微米以下的塵粒。

三、過濾式採樣

過濾式採樣有下列幾種儀器：

(一) 灰塵接受管：係一玻璃橫管(圖 6)，共長 100 毫米，粗的一端直徑 20 毫米，細的一端直徑 10 毫米，兩端均具有磨砂蓋

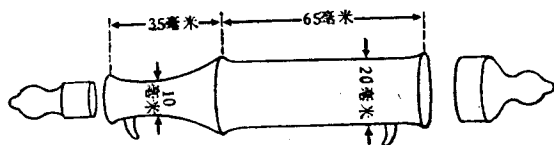


圖 6 灰塵接受管

子，管頸具有兩只特殊的小鉤，藉此可用小橡皮圈將蓋子緊密繫住。管中安置有玻璃棉或脫脂棉。當採樣空氣通過時，空氣中的浮懸塵烟即被阻於玻璃棉或脫脂棉上，然後，再將取出用水或酸將塵烟洗下，溶解後，作分析用。但應注意管中玻璃棉或脫脂棉的厚度應適當而緊密，否則會使採樣效率減低。

此器構造簡單，採樣方法亦較簡便，但不宜於作塵烟計數檢查。

(二) 漏斗式濾紙採樣器：此器呈一漏斗式樣，其上安置一層

濾紙，作為濾層（圖 7）。當抽氣時，定量空氣通過濾紙，懸浮在空氣中的塵烟即被阻而滯留在濾紙上。這樣可抽取得大量空氣中的塵烟。抽氣畢，謹慎將濾紙取下，溶解後，即可作化學分析用。所用濾紙以孔細而無灰的為宜。

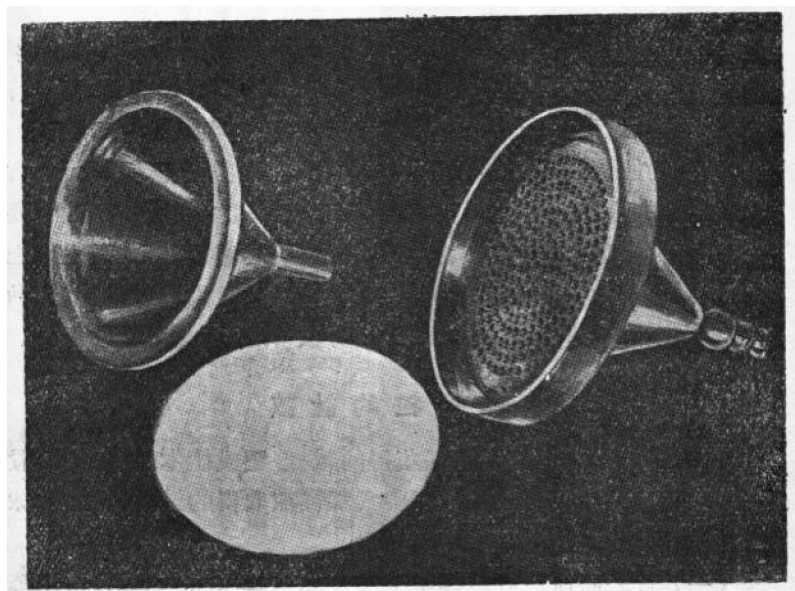


圖 7 漏斗式濾紙採樣器

假使採樣目的僅係檢查空氣中灰塵的重量，這時應注意空氣中濕度的影響。採樣時，可先將濾紙放在烘箱中於 100°C 下烘乾，然後置於放有濃硫酸乾燥杯的天平中等待適當時候，稱量，至達恆重。採樣後，再置同一天平中作同樣處理，求得恆重，則兩次重量之差，即為灰塵的重量。

或將濾紙與採集得的工業毒物，一起放在已求得恆重的瓷坩堝中，燒灼成灰，冷卻後，再行稱量，求出塵粒的淨重。

此器的採樣效力很高，根據記載，如用直徑 125 毫米惠特曼氏 (Whatman) 42 號或 44 號單張濾紙過濾，如以每分鐘 27.7—48.9 升速度抽氣時，可得採樣效率 86.7%；如用二張同樣濾紙，以每分鐘

3.5—29.0 升速度抽氣時，可得採樣效率 98%。

過濾式採樣，設備簡易，能採取大量空氣中的塵粒，效率亦高，但不宜於作塵粒的計數。

第二節 塵粒的計數及大小測定

空氣中的灰塵，對於人類的健康能引起嚴重的危害。在醫學上有所謂「塵埃肺」、[矽肺]的疾病。因此工礦車間的空氣，應當時常加以檢查，以便在衛生上作適當的措施，減少空氣中的塵烟。

塵烟的能否長時間浮懸在空氣中和是否容易進入呼吸器官中，與塵粒的大小甚有關係。據調查，直徑小於 1 微米的塵粒能長時間浮懸在空氣中，並能於呼吸時深入肺部；直徑在 10 微米以上的塵粒在靜止的空氣中很快便沉降，較難進入呼吸器官，但在流動的空氣中沉降較慢。故檢查塵烟，除計數外，並應測定其大小。

一、塵粒的計數

除由奧文斯灰塵計數器採集得的試樣，製成標本，可以直接置於顯微鏡下計數外，若由格氏撞擊式採樣瓶取得的試樣，宜用血球計數盤來計數，其步驟如下：

(一) 首先將血球計數盤用肥皂水或其他清淨劑洗過，再用蒸溜水沖洗，乾後用鏡頭紙拭淨，放上蓋玻片，放在顯微鏡下先進行空白檢查。這時如發現計數盤上有汙染，應再行沖洗。如有無法洗去的汙點，應記下，以便計數時除去。

(二) 將採樣瓶振搖約 1—2 分鐘，使標本液混和均勻。這時如發現標本液因灰塵太多帶有乳白色或其他色澤時，應當稀釋。然後，以乾燥毛細吸管吸出，並滴至上頂已經蓋有玻片的血球計數盤中。這時應注意勿使氣泡混入，置於顯微鏡下，留待 1 分鐘後，進行計數。這時應上下移動物鏡，以免漏去在不同深度的塵粒。

(三) 血球計數盤有兩種形式：

老式的一種，在盤正中有一 1 平方毫米的方格，這方格內面又分成 400 小格，每在第五格的正中，又另加一條線，如此又將小格分成 16 個區域[圖 8 (甲)]，以便計數。