

行政院勞工委員會採樣分析建議方法

2318

石綿 Asbestos

容許濃度	參考資料：NIOSH 7400(2/15/84)[1]
勞委會：1根石綿纖維 (≥5微米長)/毫升空氣	分子式：依化合物之不同而不同
OSHA：0.2根石綿纖維 (≥5微米長)/毫升空氣； 1根石綿纖維/毫升空氣/30分鐘變量	分子量：依化合物之不同而不同
NIOSH：致癌物；儘量控制至最低濃度	別名：依化合物之不同而不同
ACGIH：青石綿：0.2；棕石綿：0.5； 白石綿與其他石綿：2根纖維 (≥5微米長)/毫升空氣	CAS NO.：13768-00-8，陽起石；12172-73-5，棕石綿；17068-78-9：斜方角閃石；12001-29-5，白石綿；120001-28-4，青石綿；14567-73-8，透閃石。

基本物性：纖維狀固體

採	樣	分	析
採樣介質：纖維素酯濾紙(0.45-1.2 μm)	直徑：25 mm，附導電材質濾紙匣	流率：0.5-16 升/分鐘	採樣體積—最小：400 L(在0.1石綿纖維/毫升空氣之情況) —最大：(見採樣步驟4)
樣品運送：例行性(緊密包裝)	樣品穩定性：穩定	現場空白樣品：樣品數的10%或至少二個以上	準確度 [1]
範圍：80-100計數纖維	誤差：見方法評估	總變異係數 (CVT)：11.5%~13%	方法：位相差顯微鏡法 分析示素：纖維(人工計數) 前處理：丙酮/三乙酸丙酯(加熱法) 計數規則：詳見本文 設備：1.位相差顯微鏡 2.Walton-Beckett計數板具有直徑100微米視野面(G22型) 3.HSE/NPL檢查玻片 校正：HSE/NPL檢查玻片 範圍：100-1300 纖維/毫米平方濾紙面積 估計樣本：7 根纖維/毫米平方濾紙面積 分析變異係數(CVa)：10%~12% (詳見方法評估)

適用範圍：1000 升空氣樣本最適之定量範圍為0.04至0.5 根纖維/毫升空氣，偵測下限隨採樣體積與干擾粉塵量多寡而定，如沒有任何干擾粉塵，偵測下限小於0.01纖維/毫升空氣，此方法提供空氣中纖維量之指標，雖然位相差顯微鏡法無法鑑別石綿與其他纖維，但此方法仍舊為定量空氣中石綿濃度之主要方法，合併此方法與電子顯微鏡(NIOSH 7402)可以有助於鑑定纖維種類；此方法無法偵測直徑小於 0.25微米之纖維，如利用其他計數規定此種方法可以用來定量如玻璃纖維之其它纖維。

干擾：其他符合計數規則之粉塵或纖維皆會造成干擾，鏈狀粉塵可能被視為纖維，高濃度非纖維狀粉塵會干擾視野中纖維，因而增加偵測極限。

安全衛生注意事項：1.石綿危害性分類為第9類其他危害物

2.丙酮極易燃。不可有火花。加熱超過 1毫升丙酮時需在無火燄、防爆氣罩下進行。

註：本方法取代P&CAM 239及NIOSH 7400方法 (8/15/87 2版)較過去方法提昇敏感度及再現性。

1.試藥

1.1 丙酮。

1.2 三乙酸丙酯，試藥級。

1.3 透明漆或指甲油。

2.設備

2.1 採樣器：直徑25 厘米，三件式濾匣，中段由長約50 毫米長導電性填碳聚丙烯材質製成，內含薄膜濾紙，孔徑 0.45-1.2 微米之纖維素酯製成，及支撐墊片。

備註：1.實驗室對照濾紙：如果空白濾紙中鏡檢 100個視野發現纖維數在5根或5根以上，捨棄此批濾紙。

2.電導性填碳濾匣可以減低採樣時之靜電效應，採樣時盡可能降低高度。

3.個人採樣時，以使用0.8 微米孔徑濾紙為主，0.45 微米孔徑濾紙是供穿透式電子顯微鏡鏡檢分析用，個人採樣時會產生過高壓差而不適用。

2.2 採樣泵流率為 0.5-16 升/分(見步驟4)。

2.3 位相差顯微鏡：附有綠色或藍色濾光片，可調整光圈，接目鏡:8-10倍，接物鏡：40-45倍(總放大倍數400倍)：numeric Aperture：0.65至0.75。

2.4 計數板：Walton-Beckett；具有直徑100 微米視野面(面積約0.00785 厘米)，A規則使用G-22型；B規則使用G-24型。

2.5 HSE/NPL檢查玻片(Mark II)：標準之檢查玻片，具有七組溝槽。

2.6 平台微米計：每一刻度 0.01毫米。

2.7 位相環中心調整用望遠鏡。

2.8 載玻片：25x 75 厘米，單面磨砂玻璃。

2.9 蓋玻片：22x 22 厘米，NO：#1-1/2。

2.10 小刀，#10鋼質外科手術刀，刀鋒邊緣彎曲。

2.11 鑷子。

2.12 100-500 微升、5 微升的微量吸管。

2.13 能使載玻片上之濾紙透明之鋁質加熱平台(或具相當功能之裝置)。

2.14 指甲油或透明漆。

3.採樣

3.1 個人採樣泵都必須校正，採樣前與採樣後流率變化在 5% 以內。

3.2 個人採樣須將採樣器固定在靠近 2人嘴部之領夾上，將採樣器蓋子打開，採樣卡匣呈開放式面向下，利用膠帶成相當功能之器材使濾紙卡匣與導電卡匣不致分開。在採樣卡匣上作標示以示區別每個樣本。

3.3 每組樣本至少準備 2組現場對照樣本(或樣本總數10%以上)。在採樣前將現場對照樣本卡匣蓋子如同其他實際樣本打開。在採樣期間，將對照樣本卡匣與蓋子貯存至一完全乾淨之區域。

3.4 採樣泵流率 0.5 公升/分鐘以上為使達到適合計數之纖維密度(100~1300根纖維/毫米)，採樣時間預估公式如下：

$$t = \frac{A_c \times E}{Q \times L \times 10} \text{ min}$$

A_c：濾膜有效收集面積，例如直徑25 厘米濾膜為385 厘米平方。

E：纖維密度(根纖維/毫米平方)

Q：採樣泵流率(公升/分鐘)

L：纖維濃度(根纖維/毫升)

10：變換係數(1000 毫升/公升)

3.5 採樣完成後，蓋上開口蓋將採樣卡匣置於堅固容器內，以填充物加以固定以防撞擊。

備註：為避免採樣濾紙上纖維因靜電力而散失，不可以使用未經處理過之聚乙烯泡綿在容器內。

4.樣品前準備

備註1：本方法目的是使樣本在折射率小於1.46之介質中產生平滑之背景。

利用丙酮蒸氣侵蝕濾膜使透明化並容易聚焦，而進行相當永久性之固定裱數，可利於品管與實驗室間比對。

備註2：暴露於高濕度或丙酮、含有水氣皆會使樣本視野背景產生了平滑結果而影響鏡檢。

4.1 確定載玻片或蓋玻片不含灰塵或纖維。

4.2 接插頭以及打開鋁製熱盒加熱源，清淨各種器具，調整電阻器使加熱盒子接近約70°C，假如不在抽風櫥中使用熱盒，必須置放在陶瓷熱板上隔絕任何從表面所產生之熱傷害。

4.3 使用邊緣彎曲之鋼質外科手術刀，以搖動動作避免撕裂濾膜將濾膜切下25%區域。

4.4 將扇形濾膜置於乾淨載玻片，以灰塵面向上，通常靜電將使濾膜保持在玻片上。

4.5 載玻片插入鋁製熱盒狹縫，使用微量吸管取 25-4000 微升丙酮，以穩定壓力推動微量吸管活塞，注入鋁製熱盒頂部之PTFE蓋子入口，使得丙酮在揮發室內緩慢揮發，經過了3~5秒濾膜除淨後移去微量吸管及載玻片。

注意：雖然丙酮量十分稀少，仍然要注意安全防範，必須在通風良好區域(如實驗室氣罩內)工作，

不可引燃任何火花。在通風不良連續經常使用此裝置，將可能產生可爆的丙酮濃度。

4.6 使用5微升微量吸管抽取 3~3.5 微升之三乙酸丙酯，以微小角度滴於濾膜降低形成氣泡之可能。

注意：假如有太多氣泡或三乙酸丙酯的量不夠，蓋玻片會在數小時後脫落，假如過量之三乙酸丙酯殘留於蓋玻片與濾膜之邊緣，纖維會在邊緣移動。

4.7 使用透明漆或指甲油將玻片與蓋玻片固定。

注意：假如除淨緩慢，此玻片可用表面溫度50°C之熱板放置15分鐘加速除淨作用，加熱時必須注意不可形成氣泡，除淨及裱敷完成後可立刻進行計數分析。

5.顯微鏡之校正及品管

5.1 顯微鏡之校正：遵照顯微鏡廠商之說明，每日至少要利用望遠鏡確定相環是在重合狀況，每一架顯微鏡皆必須有本記錄簿以登錄校正與主要維修之日期。

A.每次在使用顯微鏡檢查樣本前必須

- 1.重新調整光源。
- 2.針對要分析之特別顆粒聚焦。
- 3.確定光圈完成對焦後打開照明至完全照明。

B.每隔一段時間以 HSE/NPL 檢查玻片測試顯微鏡之偵測極限，依下列步驟：

- 1.取出 HSE/NPL 檢查玻片，將玻片中心置於接物鏡下。
- 2.將區域內溝紋線聚焦觀察滿紋清晰度。

注意：此玻片包含有七組溝紋，每一組有 20 條溝紋，可見度隨著一到七組而趨不明顯，纖維計數所需要之光學顯微鏡必須能夠完全分開前三組之溝紋，第四及第五組為最少是部份可見但可能非常微弱，而第六及七組則完全不可見，假如具有太高或太低解析能力之顯微鏡均不符合纖維計數。

3.假如影像品質衰退可清潔顯微鏡之光學系統，若問題依然存在，與顯微鏡廠商共同討論。

5.2品管

每一實驗室要有一組參考玻片，基本上每天都使用以確保品質保證的完整性，這些玻片應該包括不同現場來源以及PAT(熟練分析測試)樣品，此組參考玻片要能適合典型實驗室例行分析樣品之背景灰塵值，品保委員保管參考玻片要能確定每一計數員最小每天都計數一個參考玻片當作品保程序。每隔一段時間必須改變參考玻片之標示，對於每一個計數員重覆計數結果，建立實驗室的精確度。保持參考玻片重覆計數記錄，依此種計數結果，個別實驗室可建立計數員執行一次未知樣品之再計數(載玻片由另一人員加以標示)。使用下列的方法決定在同一濾膜及同一計數員之計數結果是否通過，假如兩次計數結果差異大於2.77(X)分析精密偏差則不通過，此 X 代表兩次計數之均方值，分析精密度偏差是實驗室人員所建立的 1/2 相對標準偏差。

5.3計數規則與測定

選擇下列計數規則，A、B兩種規則已經被證實對不同石綿種類均有相等之平均計數值，OSHA 規定使用 A 規則，但這兩種規則不可互相混合使用。

5.3.1 A規則(與 P&CAM 239 同)

- 1.計數長度大於 5微米之纖維，假如為捲曲纖維，沿著捲曲測量長度。
- 2.計數長寬比等於或大於3：1之纖維。
- 3.纖維與計數板視野邊緣相交，依下列方式計數：
 - a.計數完全在計數板區域內長度大於五微米之纖維。
 - b.合乎1，2條件但在計數板視野內只有一終端者，計數 1/2 纖維。
 - c.假如相交計數板超過一次則不予計數。
 - d.對於不合乎上述規則之纖維不予計數。
- 4.成束狀之纖維，除非個別纖維終端可明顯判別，否則視為一根纖維。
- 5.計數足夠視野使用纖維數等於或大於 100 根並且最少計數 20 個視野，但不論纖維多少，最多計數 100 視野停止計數。

5.3.2 B規則

注意：由於B規則可增加纖維計數之再現性故提出使用。

- 1.計數纖維之終端每一纖維長度必須大於五微米，直徑大於 3微米。
- 2.計數長寬比等於或大於5：1之纖維終端。

- 3.合乎1，2條件之纖維且交於計數板視野計數為一終端，假如纖維分叉且合乎1及2計數分叉之終端。
- 4.當纖維接觸到顆粒時，不論顆粒大小，計數合乎1及2條件下可見之終端，假如顆粒蓋住纖維終端小於直徑三微米，計數其隱蔽纖維之終端。
- 5.合乎上述1及2規則，計數束狀纖維或叢狀纖維之終端，但最多不得超過 10 個終端(五根纖維)。
- 6.計數足夠的計數板視野數至 200 終端，計數最少20個視野，但不論纖維數，最多計數 100 視野停止計數。
- 7.將全部終端計數除以二則為纖維數之結果。

5.3.3測定

從濾膜頂部沿著半徑線至外面邊緣計數，在相反的方向向上或向下移動，以接目鏡簡略的選擇不規則之視野，確保每一計數區域濾膜中間半徑線至濾膜邊緣，如果有團狀顆粒蓋住視野之 1/6 或更多時，放棄之，選擇另一視野被放棄之區域不包括在總計數視野數內，同時在計數時以微調聚焦連續掃描聚焦平面範圍內可能被隱藏的細小纖維，直徑小的微細纖維非常不明顯但是對整個計數卻有很有影響，計數時間最短是每一視視野 15 秒，100 個視野最短時間為 25 分鐘。

6.測試結果

添加量(fiber/mm2)	測得平均值(f/mm2)	CVa(%)
603.5	646.37	5.9
838.4	794.37	10.4
416.3	471.28	11.0

7.分析方法驗證

添加量(f/mm2)	測 試 1		測 試 2	
	測得平均值(f/mm2)	平均值CVa值(%)	測得平均值(f/mm2)	平均值CVa值(%)
416.3	375.1	8.0	374.1	6.2%
603.5	644.6	13.7	589.3	9.6%
838.4	856.5	11.0	679.1	5.5%

8.文獻

- [1]Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of labor, Occupational Exposure to Asbestos, Tremolite, Anthophyllite. and Actinolite Asbestos; Final Rules, 29 CFR Part 1910. Amended June 29, 1986; Sept. 14, 1988. Final Rules 29 CRF1926.58 Amended Sept 14, 1988.
- [2]Mine Safety and Health Administration, U.S. Dpartment of Commerce, Exposure Limits for Airborne Contaminants; Part 56. 5001 Amended July 1, 1988.
- [3]Revised Recommended Asbestos Standard, U.S. Department of Health Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-169 (1976); as amended in NIOSH statement at OSHA Public Hearin June 21, 1984.
- [4]Croteroa for a Recommened stand...Occupational Exposure to Fibrous glass, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-152, 1977.
- [5]American Conference of governmental Industrial Hygienists. "Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1988-1989,"ACGIH 1988.
- [6]Baron, P.A. and G.C. Pickfor. "Asbestos Sample Filter Clearing Procedure,"Appl. Ind. Hyg., 1 : 169-171 199, 1986.
- [7]Leidel, N. A., and G. C. Bayer, R. O. Zumwald, and K. A. Bush. USPHS/NIOSH Membrane Filter Method for Evaluating Airborne Asbestos Fibers, U.S. Department of Health, Education, and welfare, Publ. (NIOSH) 79-127, 1979.
- [8]Rooker, S. J., N. P. Vaughn, and J. M. LeGuen. "On the Visibility of Fibers by phase Contrast Microscopy," Amer. Ind. Hyg. Assoc. J., 43 505-515, 1982.
- [9]NIOSH Manual of Awalytical Methods, 2nd ed., Vol 1., P&CAM 239, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-A ,1977.
- [10]Baron, P. and G. Daye, "Electrostatic Effects in Asbestos Sampling," Parts I and II Am. Ind. Hyg. Assoc. J. (submitted for publication), 1989.

[11]Johnston, A. M., A. D, Jones, and J. H. Vincent. "The Influence of External Aerodynamin Factors on The Measurement of The Airborne Concentration of Asbestos Fibers by the Memberane Filter Method," Ann. Occup. Hyg., 25, 309-316, 1982.

[12]Jankovic, J. T., W. Jones, and J. Clere. "Field Techniques for clearing cellulose Ester Filters Used in Asbestos sampling," Appl, Ind. Hyg., 1:145-147, 1986.

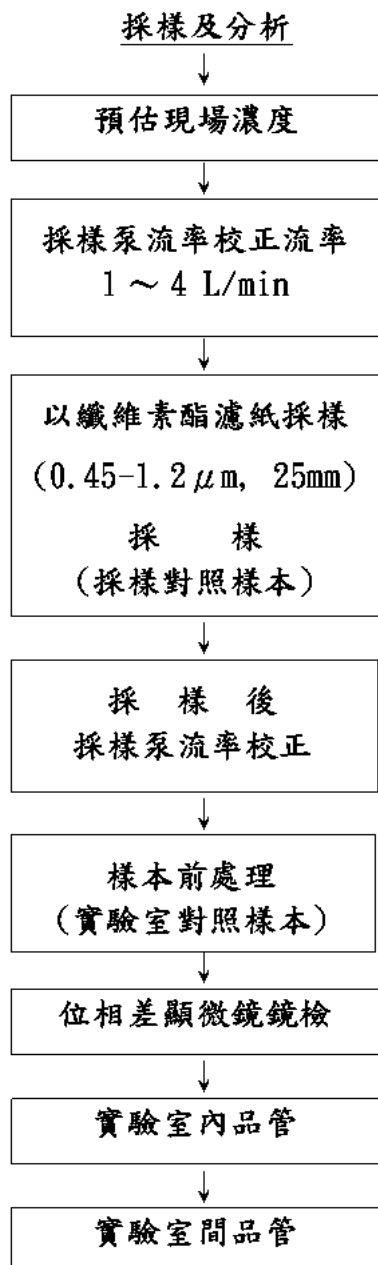
[13]Sinclair, R. C. "Filter Mounting Procddure," NIOSH Publication videoape No. 194 (1984) [updated 1986]).

[14]Asbestos International Association, AIA Health and Safety Recommended Technical Method #1 (RTMI). "Airborne Asbestos Fiber Concentrations at Workplaces by Light Microscopy" (Membrane Filter Method), London, 1979.

[15]Ablee, M., S. Shulman and p. Baron. The Quality of Fiber Count Data, Appl. Id. Hyg. (in press), 1989.

[16]Crawford, N. P., H. L. thorpe, and W. Alexander. "A Comparison of the Effects of Different Counting Rules and Aspect Ratios on the Level and Reproducibility of Asbestos Fiber Counts, Part I: Effects on Level" (Report No. TM/82/23). "Part II : Effects on Reproducibility" (Report No. TM/82/24), Institute of Occupational Medicine, Edinburgh, scotland (December, 1982).

附註一 採樣分析流程圖



附註二：所參考分析方法之主要數據

1.方法評估

A.此方法乃 P&CAM 239 之修訂，修訂總結如下：

(1)採樣：爲了在相當時間內，增加方法之敏銳性，採樣濾紙由37毫米變成25毫米。假設如無超量非纖維之粉塵下，在一次全程採樣容許之立方公尺之採樣體積，樣本之捕集效率在流率0.5-16 升/分鐘時並非成函數關係。

(2)樣本前處理步驟

丙酮蒸氣／三乙酸丙酯之前處理較傳統以二甲苯二酸／二乙基草酸裱數爲快且樣本保存較爲長久，鋁質加熱板方可以將樣本前處理所需之量減至最低。

(3)鏡檢分析

a.Walton-Beckett計數板將鏡檢視野面積標準化。

b.HSE-NPL檢查玻片對纖維直徑敏銳度量測予以標準化。

c.相對於過去時低濃度量測之不正確，對於最低建議之濾紙濃度已提升至100纖維／毫米二濾紙面積(纖維總數80根纖維)。較低濃度會導致纖維計數之高估。建議樣本合格濃度應至少根供鏡檢員之個人相對標準度(分析標準偏差範圍 0.1-0.17)。

B.實驗室間可比較性

國際間有16家實驗室參與石綿水泥，研磨採礦，紡織與摩擦業之樣本分析相對標準差分析標準偏差隨著樣本型態與實驗室有別而不同範圍如下：

	相對標準差(CV)		
	實驗室內	實驗室間	總共
AIHA鏡檢規則	0.12-0.40	0.27-0.85	0.46

根據：AIHA鏡檢規則，只有直徑小於三微米才接受其爲合格纖維，即使粉塵相連，大於三微米之纖維亦不計數，除此之外，此規則與 NIOSH 計數見則相似。