

職業暴露煤礦引起之慢性阻塞性肺病認定參考指引

勞動部職業安全衛生署

中華民國 111 年 9 月

【本參考指引由勞動部職業安全衛生署委託林承賦醫師、陳俊傑醫師主筆修訂】

一、導論

「煤」是含碳、成層、可燃燒的有機沉積岩，由植物殘體埋藏堆積，在溫壓環境下經成煤作用(coalification)所形成，依變質度分級為泥煤、褐煤、煙煤而至無煙煤。元素分析(Elemental Analysis)成分以碳、氫、氧為主，硫、鐵、矽次之；工業分析(Industrial Analysis)成分為水分、揮發分、固定碳以及灰分(無機礦物質)。有機質部分是以由植物根莖木質纖維組成的鏡煤素(vitrinite)為主，次為孢粉角皮組成的膜煤素(xinite or laptinite)與脫水碳化的惰煤素(inertinite)；無機質部分則以黃鐵礦與黏土礦物(尤以高嶺石)為主 [1]。

煤礦的開採以露天開挖或地下坑道方式進行，從事煤礦開採作業主要會暴露於粉塵危害，而又以煤塵及二氧化矽粉塵為主，這類勞工已知會引起多種呼吸道疾病，為了強調這種情形，此類呼吸道疾病被統稱為「煤礦塵肺疾病(coal mine dust lung disease, CMDLD)」 [2]。典型的煤礦工人塵肺病(coal workers' pneumoconiosis, CWP)和矽肺病(silicosis)是最為人所熟悉的。然而，慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)，亦是煤礦工常見的一種不完全可逆的肺部損害，嚴重時甚至會危及生命，其發病機轉可能是煤礦工長時間吸入煤塵，引發肺臟及呼吸道產生慢性發炎反應，釋放腫瘤壞死因子- α (tumor necrosis factor-alpha, TNF- α)、介白素-1(interleukin-1, IL-1) 和介白素-6(interleukin-6, IL-6)等細胞激素(cytokines)，這些炎症物質隨後會起氧化反應，產生自由基造成細胞的氧化損傷 [3]，肺實質受到慢性發炎破壞而使得肺泡失去對小呼吸道的固著能力及肺部喪失回彈力(recoil)，此外小呼吸道也因為慢性發炎引發黏膜腫脹及呼吸道纖維化，造成小呼吸道阻塞而導致持續的呼氣氣流受阻。

CWP 與氣流阻塞之間沒有直接關係 [4]。兩者似乎是獨立的發展過程，但都與暴露程度有關。英國的一項研究也表明，CWP 和 COPD 的區域死亡率之間沒有關聯，這支持了兩種疾病間沒有直接關係的觀點 [5]。故有些煤礦工，雖然沒有明顯塵肺症的影像變化，但卻有明

顯慢性支氣管炎症狀與呼吸道阻塞性變化。本指引得適用於勞工職業災害保險職業病種類表第五類第 5.10 項之地下礦工的慢性阻塞性肺病 (Chronic obstructive pulmonary disease in underground miners)。

二、具潛在暴露之職業

地下坑道方式開採之煤礦工。

三、醫學評估與鑑別診斷[6]

慢性阻塞性肺病的國際疾病分類標準(International Classification of Disease, ICD)診斷碼，ICD 9 編碼為 496，ICD 10 編碼為 J44.9。

(一)主觀症狀(Symptoms)：

慢性阻塞性肺病的典型症狀為咳嗽、咳痰及慢性且漸進性的呼吸困難，每天的病情可能不太相同。

慢性咳嗽是慢性阻塞性肺病常見的初期症狀，但往往被誤以為只是單純的吸菸或環境因素所造成，隨著病況加劇逐漸演變為整天咳嗽，慢性咳嗽及咳痰可能比呼氣氣流受阻更早出現很多年，有這些症狀的人，尤其是高風險的族群，都必須接受檢查以找出病因，並接受適當治療。相反地，有些病人可能已經有明顯的呼氣氣流受阻，卻無慢性咳嗽或咳痰症狀，不同病人之間的慢性阻塞性肺病臨床症狀可能存在著相當的差異性。慢性阻塞性肺病的定義根基於呼氣氣流受阻，但實際上病人決定就醫尋求幫助且得到診斷的時機，通常是在症狀已經嚴重影響到日常生活。慢性阻塞性肺病的病人也可能因為慢性症狀，或者歷經了第一次急性惡化而就醫。

因此對於疑似患有慢性阻塞性肺病的新病人，建議詳細詢問以下病史：

1. 是否有危險因子之暴露史，如吸菸、職業暴露或環境暴露？
2. 是否有包含氣喘、過敏疾病、鼻竇炎或鼻息肉、孩童時期呼吸道感染以及其他呼吸道疾病之過去病史？
3. 是否有慢性阻塞性肺病或其他慢性呼吸道疾病之家族史？

4. 症狀發生的型態：典型慢性阻塞性肺病於成年期才發病，但大多病人在求醫診治前數年，就常經驗到逐漸增加的呼吸困難，或於冬季經常發生持續時間較久的感冒，並且影響社交活動。
5. 呼吸系統疾病之急性惡化病史或住院史：病人可能已經感受到週期性加重的症狀，即使這些症狀尚未被判定為慢性阻塞性肺病急性惡化。
6. 是否有共病症，如會造成活動限制的心臟病、骨質疏鬆、肌肉骨骼疾病及惡性疾病。
7. 疾病對日常生活之衝擊，如活動受限，無法工作，或經濟的衝擊，對家庭與個人心理(憂慮或焦慮)的衝擊。
8. 病人所能得到的家庭或社會支持。
9. 是否可減少危險因子，特別是戒菸。

(二) 客觀臨床徵候(Clinical signs)

身體檢查是慢性阻塞性肺病診斷評估上重要的一環，與呼氣氣流受阻相關的理學徵象，包括：須用力吐氣、噉嘴式吐氣方式及吐氣期間發生喘鳴(wheeze)聲音，與肺氣腫相關的徵象為胸廓前後徑增加，與慢性支氣管炎相關的徵象為聽診時出現痰音，上述徵象有的可能只出現在肺功能嚴重受損或疾病病程較嚴重的慢性阻塞性肺病上。慢性阻塞性肺病可以表現出許多種理學徵象，但沒有這些徵象也不代表沒有。

(三) 影像學檢查或實驗室檢驗(Image studies or Laboratory tests)

慢性阻塞性肺病在肺功能的定義為持續性氣流受限，肺功能檢查是目前測量呼氣氣流受限最普遍、最客觀且再現性高的方法，也是慢性阻塞性肺病臨床診斷的必要工具。尖峰呼氣流速測定雖然敏感度高但特異性不佳，不是可信賴的診斷方法。吸入支氣管擴張劑後用力呼氣一秒量/用力呼氣肺活量(forced expiratory volume in the first second/forced vital capacity, FEV₁/FVC)比值可反映持續性的呼氣氣流受限，因此目前所有的主流診療指引都建議應該要使用支氣管擴張試

驗來診斷慢性阻塞性肺病，依慢性阻塞性肺病全球倡議(Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease, GOLD)指引建議，診斷標準使用吸入支氣管擴張劑後 FEV_1/FVC 小於 0.7 之固定比值，視為慢性阻塞性肺病。而美國胸腔病學會(American Thoracic Society, ATS)與歐洲呼吸學會(European Respiratory Society, ERS)則是建議採用 FEV_1/FVC 比值的正常值下限(lower limit of normal, LLN)來診斷，即健康族群中， FEV_1/FVC 比值最低的 5% 族群定義為不正常。

由於我國並無較佳的肺功能檢查報告資料庫，故如採用 LLN 來診斷慢性阻塞性肺病，建議使用 ERS 建立的全球肺功能倡議肺量計方程工具 Global Lung Function Initiative (GLI) Spirometry Equation Tools，並選用東南亞人種(South East Asian)，來當我國參考值輔助診斷。網址及步驟如下：

1. <http://gligastransfer.org.au/calcs/spiro.html>

2. 輸入年齡、身高及性別。

3. 選用東南亞人種(Southeast asia)。

4. 以公升為單位，輸入肺功能檢查數據。

5. 點選計算，查看 FEV_1/FVC 的數值，並比對 LLN 欄位結果，數值小於 LLN 欄位即為不正常。

(四) 鑑別診斷(Differential diagnosis)

氣喘、支氣管擴張症、肺結核、閉塞性細支氣管炎(obliterative bronchiolitis, OB)、瀰漫性泛細支氣管炎(diffuse panbronchiolitis, DPB)、鬱血性心衰竭等。

四、流行病學證據

根據 2016 年第四版的職業肺病書籍(Parkes' Occupational Lung Disorders, 4th Edition) [7]，診斷慢性阻塞性肺病的肺功能檢查，其 FEV_1/FVC 結果會隨著年齡增長而逐漸下降，在正常成年人早期， FEV_1 會開始從最高峰逐漸以每年 20 至 35 毫升/年(mL/year)的速度下降

[8]，如採用 GOLD 的診斷標準，使用吸入支氣管擴張劑後 FEV₁/FVC 小於 0.7 之定值，視為慢性阻塞性肺病，在年輕族群會有低估的問題，但在老年族群卻會有高估的問題；採用 LLN 來診斷慢性阻塞性肺病，則較能適當反應煤礦工的真實情況 [7]。

先前已有許多研究表明煤礦粉塵暴露是慢性支氣管炎、慢性阻塞性肺病或肺氣腫的獨立預測因子 [9-15]，Attfield 和 Kuempel 的世代研究，調查並分析了自 1969 年至 1971 年美國各地煤礦工的死亡原因，歸因於非惡性的呼吸系統疾病。這些死亡個案的國際疾病分類編碼，包含了慢性支氣管炎、慢性阻塞性肺病或肺氣腫。採用比例風險模型分析，發現累積可呼吸性粉塵暴露對於引起慢性呼吸道阻塞(chronic airways obstruction, CAO)死因的相對風險為，每增加 1 毫克*年/立方公尺的暴露，死亡風險增加 1.0081 倍；對於引起慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)死因的相對風險則為，每增加 1 毫克*年/立方公尺的暴露，死亡風險增加 1.0065 倍；累積可呼吸性粉塵暴露與肺氣腫引起的死亡風險，因個案數極少致統計學上不顯著 [11]。然而，累積的粉塵暴露是肺氣腫嚴重程度的重要預測指標，並且對肺氣腫嚴重程度的影響與吸菸相似 [2]。煤礦工的慢性阻塞性肺病標準化死亡率(standardised mortality ratio, SMR)會提高到 110 至 120%，且與終身粉塵暴露程度有關 [16]。

由於缺乏更多數據佐證，因此將 Soutar 和 Hurley 的研究 [17]，煤礦工因粉塵暴露造成的 FEV₁ 平均損失為 0.76 毫升每克時/立方公尺 (mL per ghm⁻³)當最佳估計似乎是合理的 [18]。調查自 1950 年代起，超過 5 萬名煤礦工的報告顯示，如下表，肺功能降低與累積煤礦粉塵暴露相關，且獨立於 CWP 嚴重度和吸菸狀況。不同研究間的煤礦粉塵暴露對 FEV₁ 影響估計值各不相同，但總體而言，其影響與吸菸相當。因此 Rogan 等的研究表明 [4]，每年工作在粉塵暴露量為 3 毫克/立方公尺下，可使 FEV₁ 降低約 3 毫升。這類似於每天抽 20 支菸造成 FEV₁ 額外的平均損失。

比較粉塵暴露、吸菸和年齡對肺功能 FEV₁(毫升)的負面影響 [7]

研究作者	發表年份	個案數	粉塵影響 (每毫克*年/ 立方公尺)	吸菸影響 ^a (每包*年)	年齡影響 (每年)
Atteld和Hodous	1992	7139	0.7	11.9	31
Rogan等	1973	3581	1.0	3.0	47
Cowie等	2006	7115	1.1	8.6	35
Henneberger和Atteld	1996	1915	1.2	14.9	27
Soutar和Hurley	1986	4059	1.3	13.0	41
Marine等	1988	3380	1.6		35
Seixas等	1993	977	5.9	10.5	42
Carta等	1996	909	7.6	8.0	
Seixas等	1993	977	27.5	9.4	42

^a假設從16歲開始吸菸，此後效果持續。

吸菸與煤礦粉塵暴露之間沒有明顯的相互作用，其影響效果似乎是累加的(additive) [11]。然而更重要的是，個體間的感受性也有很大差異，其不良反應的嚴重程度，在暴露個體間有明顯差異。

五、暴露證據收集方法

(一)作業經歷調查：

確認勞工是否為以地下坑道方式開採之煤礦業。詳細詢問過去和目前的職業史，內容包括工作起始年月、部門、職稱、具體作業情形、一般作業環境、整體或局部通風設施、個人防護具的使用等。

(二)作業環境監測：

要瞭解勞工暴露的實際狀況，則必須依賴環境監測。依據擬定的作業環境監測規劃進行採樣時，必須委由勞動部認可之作業環境監測機構/人員/執業之工礦衛生技師(職業衛生技師)等進行相關工作，並將採集之樣本委託認可之實驗室進行分析。於實際執行採樣時，應充分確認各項採樣參數皆已依照規劃進行，並對採樣現場進行觀察並記錄，以便掌握採樣狀況，現場觀察的項目如：採樣時勞工的作業狀況、現場生產狀況是否正常、通風設備換氣量是否足夠以及勞工是否配戴適當防護具等等，除此更應要求採樣人員應在採樣過程中檢查採樣設備之運轉是否正常、勞工配戴方式是否正常等查核動作，以作為未來

測定結果解釋的參考。

- 1.美國國家職業安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)對煤塵的容許暴露標準，以礦業安全和健康管理局(Mine Safety and Health Administration, MSHA)的監測方法(coal mine dust personal sampler unit, CPSU)，將八小時日時量平均容許濃度(permissible exposure limit-time weighted average, PEL-TWA)訂為 1 毫克/立方公尺(1 mg/m^3)；以國際標準組織/歐洲標準委員會/美國工業衛生技師協會(ISO/CEN/ACGIH)等三個機構所共同協議的準則，將 TWA 訂為 0.9 毫克/立方公尺(0.9 mg/m^3)。美國職業安全與健康管理局(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)則依二氧化矽粉塵含量制訂，小於 5%的可呼吸性二氧化矽粉塵，其 TWA 訂為 2.4 毫克/立方公尺(2.4 mg/m^3)；大於 5%的可呼吸性二氧化矽粉塵，其 TWA 訂為 $(10 \text{ mg/m}^3)/(\% \text{SiO}_2+2)$ 。
- 2.我國則依據勞工作業場所容許暴露標準之規定，將粉塵分為四種，第一種粉塵為含游離二氧化矽 10%以上之礦物性粉塵，第二種粉塵為含游離二氧化矽未滿 10%之粉塵，第三種粉塵為石綿纖維，第四種粉塵為厭惡性粉塵。依粉塵種類不同而有不同容許濃度標準，其如下表：空氣中粉塵容許濃度

種類	粉塵	容許濃度		符號	化學文摘社號碼(CAS No.)
		可呼吸性粉塵	總粉塵		
第一種粉塵	含結晶型游離二氧化矽 10%以上之礦物性粉塵	$\frac{10 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2+2}$	$\frac{30 \text{ mg/m}^3}{\% \text{SiO}_2+2}$		14808-60-7 ; 15468-32-3 ; 14464-46-1 ; 1317-95-9
第二種粉塵	含結晶型游離二氧化矽未滿 10%之礦物性粉塵	1 mg/m^3	4 mg/m^3		
第三種粉塵	石綿纖維	0.15 f/cc		瘤	1332-21-4 ; 12001-28-4 ;

				12172-73-5 ; 77536-66-4 ; 77536-67-5 ; 77536-68-6 ; 132207-32-0
第四種粉塵	厭惡性粉塵	可呼吸性粉塵	總粉塵	
		5 mg/m ³	10 mg/m ³	

說明：

- 一、 本表內所規定之容許濃度均為八小時日時量平均容許濃度。
- 二、 可呼吸性粉塵係指可透過離心式等分粒裝置所測得之粒徑者。
- 三、 總粉塵係指未使用分粒裝置所測得之粒徑者。
- 四、 結晶型游離二氧化矽係指石英、方矽石、鱗矽石及矽藻土。
- 五、 石綿纖維係指纖維長度在五微米以上，長寬比在三以上之粉塵。

(三)參考各國職業病認定指引建議：

1.歐盟[19]：

(1)最低暴露強度(Minimum intensity of exposure)：

確認具有在地下煤礦場的職業暴露，吸入總粉塵超過 100 毫克/立方公尺*年(100 mg/m³*year)。

(2)最短暴露時間(Minimum duration of exposure)：

5 年。

(3)最長潛伏期(Maximum latent period)：

沒有最長期限，疾病的發生和累積劑量相關。

2.德國[20]：

(1)對於慢性阻塞性肺病的疾病證據，是以綜合性臨床診斷為依據。

肺功能檢查用於診斷與失能評估，異常值乃依據歐洲人常模，比較個人實測值與期望值的比率。

(2)以可呼吸性粉塵超過 100 毫克/立方公尺*年(100 mg/m³*year)為依據，非總粉塵(total dusts)。

(3)吸菸的致病因素，德國基準並未詳述，但參考本文用詞以及結晶型游離二氧化矽引起肺癌的認定基準，應是採閾值原則，也就是當暴露達到 100 毫克/立方公尺*年(100 mg/m³*year)時，便不再考慮吸菸的因素。

六、結論

(一)主要基準：

1.疾病證據：

以臨床症狀及客觀的肺功能檢查診斷為慢性阻塞性肺病。

2.暴露證據：

需有地下煤礦作業之工作經歷至少五年，如有相關之作業環境監測資料均可增強工作史之效度(可呼吸性粉塵超過 100 毫克/立方公尺*年(100 mg/m³*year))。

3.罹病時序性：

因果關係符合時序性，首次暴露時間與慢性阻塞性肺病發生的時間應相隔五年以上(最長潛伏期:無)。

4.合理排除其他非職業性致病因素：

應先排除其他非職業性致病因素之影響，且需考量該因素與職業性暴露物質是否具加成作用而使疾病產生終身累積。

(二)輔助基準：

同作業場所或相同作業內容之其他同事也出現相同症狀的案例。

參考文獻 (References)

- [1] 孫立中, 蔡龍珪, 李顯宗. 煤岩學在臺灣的研究與應用. 臺灣鑛業 2014; 66: 9–20.
- [2] Laney AS, Weissman DN. Respiratory diseases caused by coal mine dust. J Occup Environ Med 2014; 56 Suppl 1: S18-22.
- [3] Petsonk EL, Rose C, Cohen R. Coal mine dust lung disease. New lessons from old exposure. Am J Respir Crit Care Med 2013; 187: 1178–85.
- [4] Rogan JM, Attfield MD, Jacobsen M, Rae S, Walker DD, Walton WH. Role of dust in the working environment in development of chronic bronchitis in British coal miners. Br J Ind Med 1973; 30: 217–26.
- [5] Coggon D, Inskip H, Winter P, Pannett B. Contrasting geographical distribution of mortality from pneumoconiosis and chronic bronchitis and emphysema in British coal miners. Occup Environ Med 1995; 52: 554–5.
- [6] 台灣胸腔暨重症加護醫學會. 2019 台灣肺阻塞臨床照護指引. 衛生福利部國民健康署; 2019.
- [7] Taylor AN, Cullinan P, Blanc P, Pickering A. Parkes' Occupational Lung Disorders. CRC Press; 2016.
- [8] Rennard SI, Vestbo J. Natural histories of chronic obstructive pulmonary disease. Proc Am Thorac Soc 2008; 5: 878–83.
- [9] Nemery B, Veriter C, Brasseur L, Frans A. Impairment of ventilatory function and pulmonary gas exchange in non-smoking coalminers. Lancet (London, England) 1987; 2: 1427–30.
- [10] Marine WM, Gurr D, Jacobsen M. Clinically important respiratory effects of dust exposure and smoking in British coal miners. Am Rev Respir Dis 1988; 137: 106–12.
- [11] Attfield MD, Hodous TK. Pulmonary function of U.S. coal miners related to dust exposure estimates. Am Rev Respir Dis 1992; 145: 605–9.
- [12] Carta P, Aru G, Barbieri MT, Avataneo G, Casula D. Dust exposure,

- respiratory symptoms, and longitudinal decline of lung function in young coal miners. *Occup Environ Med* 1996; 53: 312–9.
- [13]Kuempel ED, Wheeler MW, Smith RJ, Vallyathan V, Green FHY. Contributions of dust exposure and cigarette smoking to emphysema severity in coal miners in the United States. *Am J Respir Crit Care Med* 2009; 180: 257–64.
- [14]马兰, 付小灵, 宁夏回族自治区第五人民医院石嘴山中心医院 753200. 煤工尘肺并发慢性阻塞性肺疾病的影响因素分析. *中华劳动卫生职业病杂志* 2010;2010年 11: 849–50.
- [15]肖显俊, 靳伟, 张卓然, 杨杰, 徐亚莉, 435002 湖北省黄石市第二医院呼吸内科. 煤工尘肺合并慢性阻塞性肺疾病的研究分析. *中国实用医刊* 2012年 06: 20–2.
- [16]Graber JM, Stayner LT, Cohen RA, Conroy LM, Attfield MD. Respiratory disease mortality among US coal miners; results after 37 years of follow-up. *Occup Environ Med* 2014; 71: 30–9.
- [17]Soutar CA, Hurley JF. Relation between dust exposure and lung function in miners and ex-miners. *Br J Ind Med* 1986; 43: 307–20.
- [18]Coggon D, Newman Taylor A. Coal mining and chronic obstructive pulmonary disease: a review of the evidence. *Thorax* 1998; 53: 398–407.
- [19]Commission E. Information Notices on Occupational Diseases: A Guide to Diagnosis. 2009.
- [20]Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Berufskrankheitenverordnung BKV Nr. 4111. 1997.