

施工機具排氣中黑煙不透光率檢測技術文件

環研文件A-01-1-2025-11-10

一、方法概要

本方法利用不透光式煙度計，量測柴油及替代清潔燃料引擎等施工機具（其種類與型態如附表）排氣中黑煙不透光率(Opacity)。

二、適用範圍

本文件適用於附表所列施工機具排氣管之排氣中黑煙不透光率檢測。

三、干擾

檢測現場可能受天氣條件（如壓力、溫度變化）、機械衝擊、電磁相容性、外部光源等干擾影響測值。

四、設備與材料

(一) 不透光式煙度計：由煙室、光源發射器、光源接收器、光吸收係數(Light absorption coefficient)顯示及電源部分等組成，規格如下：

- 1.顯示刻度與範圍：不透光率顯示刻度至少為 0.1 %，其數值顯示範圍須介於 0 % 至 99.9 %或更優；光吸收係數顯示範圍須介於 0 m^{-1} 至 9.99 m^{-1} 或更優。
- 2.煙室：須具加熱及顯示煙室內溫度 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ 之功能。
- 3.光源發射器：光譜峰值(Spectral peak)須介於 550 nm 至 570 nm，並可知檢測時發出光源峰值。
- 4.光源接收器：對 430 nm 以下及 680 nm 以上之波長範圍感度，不得超過最高感度 4 %之感度特性。
- 5.可呈現有效光徑長度(Effective optical path coefficient, L_A)之數值，以利計算光吸收係數。

(二) 濾光片(Neutral optical density filters)亦稱濾光器：準確度 $\pm 1\%$ 之內，用於不透光式煙度計功能確認，其不透光率介於 15 % 至 100 %間，每片不透光率分布低中高三種，其數值約為 20 %、50 %、80 %。

(三) 採樣管：材質須為惰性材質（如不鏽鋼等）且不會與排氣發生化學反應，致累積與滯留粒狀物。如使用連接管總長度不宜超過 2.5 m。

五、試劑

乾淨空氣：經過濾之空氣，濾材可選用玻璃棉或相似材質。

六、採樣與保存

- (一) 採樣管由排氣開口伸入排氣管中，採樣管伸入深度距排氣開口處至少 5 cm 且符合排氣管徑 3 倍以上 6 倍以下，如不符合上述可使用矽膠或相當材質之延伸管串聯排氣管，以符合排氣管徑 3 倍以上 6 倍以下規定。
- (二) 採樣管應裝置並固定於施工機具排氣管內，其位置位於排氣管橫斷面中心位置至距離排氣管壁 0.50 cm 之間。
- (三) 本技術文件為現場直接檢測，樣品無須保存及運送。

七、步驟

- (一) 施工機具排氣中黑煙檢測過程包括暖機、吹除積存物及進樣檢測等，詳如附圖所示。
- (二) 檢測前先檢查管路系統等配備，確定無阻塞及洩漏，且不透光式煙度計外殼無破洞裂痕或凹陷等，以防外部光源引入之現象，均無誤後始可進行檢測，其餘內容請參考（註 1、註 2）。
- (三) 不透光式煙度計之零點及全刻度(Full scale)設定如下。
 1. 零點設定：當光通量通過充滿乾淨空氣的測量區時，不透光率讀值調整為 -1.0 % 至 +1.0 %。
 2. 全刻度設定：使用不透光率為 100 % 的濾光片（全黑擋板）或其他方式，透過阻擋或關閉光源之方式，調整不透光率讀值為 99.0 % 至 101.0 %。
 3. 零點及全刻度設定後，於量測期間不可再調整設定鈕。
- (四) 檢測前以三種不同不透光率之濾光片檢查不透光式煙度計準確度，其誤差值不大於 $\pm 2\%$ ，如不符合需重新執行零點及全刻度設定，直至符合前述規定。
- (五) 依據施工機具排氣中黑煙不透光率數據使用目的進行檢測。
- (六) 施工機具執行暖機及吹除積存物，請依相關規定辦理。
- (七) 施工機具如經吹除積存物後，須於 60 秒內進行檢測進樣程序。
 1. 不透光式煙度計（含採樣管）與排氣管連接後，如有影響引擎性能（如有異音等），須排除後始可進行檢測。
 2. 進樣時間為當施工機具駕駛人於每次循環油門踏板開始動作時，同時進行連續進樣，進樣時間共計 5 秒，以進樣時間內之最大值為檢測結果。重複以上步驟至（每批次）連續三次檢測循環，記錄之最大值及最小值光吸收係數相差不超過 0.25 m^{-1} 為止，如檢測進樣次數（不合規定）超過五批次者，則不予檢測並記錄。

- 3.連續三次檢測計算平均值，無條件捨去至小數點第一位，作為檢測結果。
- 4.檢測期間（於檢測期間中段）檢查煙度計：在每1小時或檢測期間（時間較短者為主）須使用濾光片（其不透光率須為15%至80%之間，準確度為±1%或光吸收係數為 1.5 m^{-1} 至 2 m^{-1} 之間，準確度為± 0.05 m^{-1} ）進行確認不透光式煙度計；若為一台施工機具可於現場檢測完畢後執行。
- 5.單一施工機具檢測後，執行不透光式煙度計零點和全刻度檢查，其漂移(Drift)不超過不透光率0.5%、光吸收係數 0.025 m^{-1} 或全刻度2%（三者數值取較小者）。
- 6.檢測過程中，檢測施工機具或檢測設備如有異常狀況（例如：引擎有異常聲響或抖動、引擎本體漏油、排氣系統洩漏或引擎溫度過高等），應立即停止檢測。
- 7.現場檢測施工機具不透光率，當施工機具有一個以上引擎或一支以上排氣管，皆須針對每個引擎及其排氣管逐一依據七、步驟（六）至七、步驟（七）6.量測，並記錄所有數據（註3）。
- 8.多台施工機具檢測不透光率，須依七、步驟（五）至七、步驟（七）7.依序檢測。如檢測期間不透光式煙度計因故關閉煙度計重新檢測前，須依七、步驟（三）至七、（四）確認儀器無誤後再進行檢測。
- 9.現場檢測完成關機前，執行不透光式煙度計零點和全刻度漂移檢查，其誤差不超過不透光率0.5%、光吸收係數 0.025 m^{-1} 或全刻度2%（三者數值取較小者），如有不符合檢測期間所有數據皆無效。

八、結果處理

檢測報告須列出下列各項：

- （一）檢測日期、檢測開始及結束時間。
- （二）檢測結果：施工機具排放黑煙之不透光率(N, %)及光吸收係數(k, m^{-1})，相關公式如下所示。

$$\tau = \frac{I}{I_0} \times 100 \quad (1)$$

$$N = 100 - \tau \quad (2)$$

$$k = \frac{-1}{L_A} \times \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right) \quad (3)$$

I：檢測量測腔內排氣之光強度（燭光，cd）

I₀：檢測量測腔內乾淨空氣之光強度（燭光，cd）

τ：穿透率（%）

N：不透光率（%）

L_A：有效光徑長度(mm)

（三）檢測施工機具基本資料，包括機具/引擎廠牌、型式、出廠年月、種類、引擎號碼或其他可鑑別資訊等。

九、品質管制

（一）不透光式煙度計檢測期間須使用濾光片，經確認不透光率其誤差不超過 ±2.0 % 或光吸收係數誤差不超過 ±0.15 m⁻¹。

（二）每六個月依下列步驟執行定期檢查（長期不使用時，則每次採樣前檢查）。新裝設的儀器或儀器主要設備經修護或更換後，亦應依下列步驟執行儀器檢查。

1. 設定不透光式煙度計全刻度，將全刻度之 0 %、20 %、50 %、80 %、100 %（或近似濃度）等五個不同不透光率的濾光片，依據原廠技術手冊對不透光式煙度計執行檢查。檢測系統不可執行任何調整，記錄每一濾光片在不透光式煙度計濃度顯示值。

2. 線性檢查任一點與濾光片數值，不透光率之誤差小於等於 ±2 % 或光吸收係數小於等於 ±0.30 m⁻¹。

（三）濾光片須每年經可追溯至國際或國家標準之實驗室進行確認，其不透光率結果與標稱值小於等於 ±1.0 % 及光吸收係數小於等於 ±0.05 m⁻¹。

（四）不透光式煙度計須每年經可追溯至國際或國家標準之實驗室進行測試，內容至少包含再現性與精密度測試，其再現性結果應於 ±0.02 m⁻¹ 以下；精密度結果應於 ±0.05 m⁻¹ 以下。

十、精密度與準確度

略

十一、參考資料

- (一) Reciprocating internal combustion compression-ignition engines—Apparatus for measurement of the opacity and for determination of the light absorption coefficient of exhaust gas, ISO 11614:1999.
- (二) 行政院環境保護署，柴油汽車黑煙排放不透光率檢測方法及程序，中華民國 109 年 3 月。
- (三) 行政院環境保護署，施工機具清潔排放自主管理標章規範，中華民國 112 年 4 月。

註 1：施工機具種類與型態如附表。

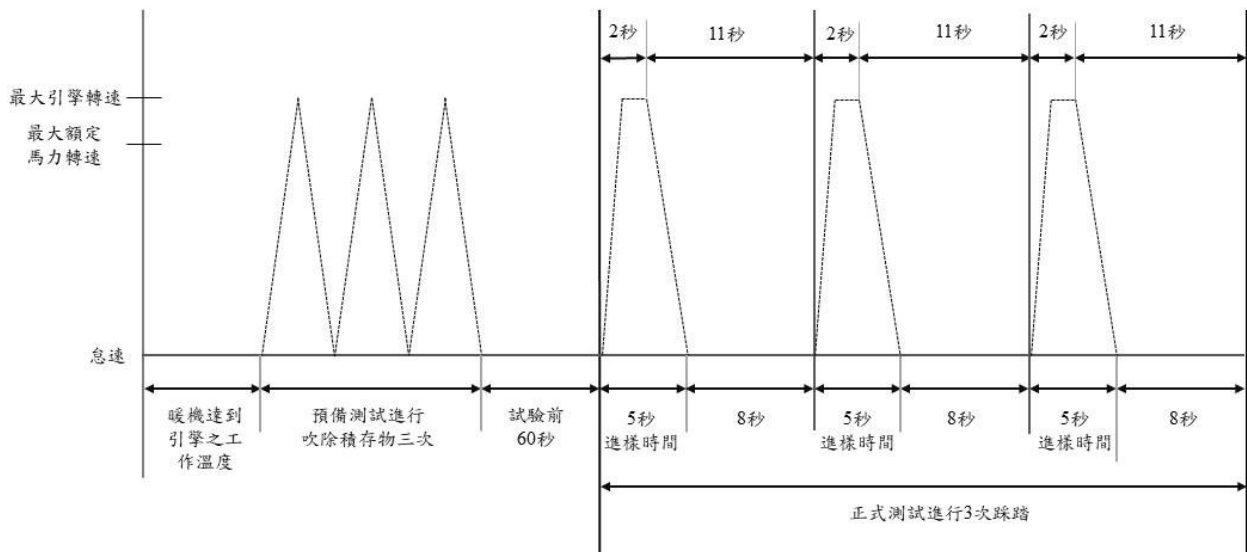
註 2：部分施工機具排氣管偏高，為確保檢測人員安全，視需要準備爬梯、高空作業車、安全索等，並應符合職業安全衛生相關法令之規定。檢測環境須於平坦且堅硬地質且無坡度，並可安全及穩定檢測施工機具排氣。施工機具配備駐剎車者應予啟動，檔位應置於空檔，並確保各項裝置不會被啟動，必要時得予鎖定。

註 3：施工機具有一個以上引擎，一般常見為兩個引擎，一個引擎主控機具移動，另一引擎主控扭力輸出；一支以上排氣管，一般常見為兩支排氣管，一個引擎分兩支排氣管排氣。

附表 施工機具種類與型態^註

種類	操作型態	常見工程作業階段
挖土機、挖掘機、開挖機	挖土機有許多不同操作型態可提供特殊工程目的之用，主要是藉由將鏟斗往機具方向拉動，並將鏟斗捲曲往內的方式來產生挖掘作用力，具有挖掘泥土、拆遷、鑿地、碎石等功能。	開挖、輸送、拆除、夯實、掘削、推積、搬運、堆平、基樁、擋土、混凝土、連續壁。
推土機	配備有剷刀，用來推動材料、清理基地、拆除、載運材料，以及拖載其他營建設備。	基樁、擋土、混凝土、連續壁。
鏟裝機、鏟斗機、鏟土機	用以處理或運送諸如泥土或岩石等鬆散材料，以重複的循環動作來運作，執行後退、裝載、轉向、傾倒等工作。	開挖、輸送、拆除、夯實、掘削、推積、搬運、堆平、基樁、擋土、混凝土、連續壁。
壓路機、平土機、鏟土機	執行飾面、修整、路堤邊坡和挖溝等工作的多用途機具，也具有混合、撒佈、整平和拱起、泥土路面維護等功能。	開挖、拆除、夯實、掘削、推積、搬運、堆平。
起重機、吊車	用吊鉤或其他取物裝置吊掛重物，在空間進行升降與運移等循環性作業。	主體結構建設、樓層灌漿。

註：請參據環境部「施工機具清潔排放自主管理標章規範」附件三「執行核發施工機具清潔排放自主管理標章檢測程序」表1。



附圖 施工機具排放黑煙不透光率檢測過程

施工機具排氣中黑煙不透光率檢測 現場檢測紀錄表（參考範例）

記錄人員：朱○○、蕭○○

日期：114 年 4 月 29 日 11 時 05 分

機具基本資料			
機具種類	挖土機	機具排放管理編號	---
機具廠牌	DEVELDN	機具型號	DX140W
牌照號碼 (僅適用輪式起重機)	---	里程表/使用時數讀數	367 hr
引擎編號	---	出廠年份	---

施工機具排放黑煙不透光率檢測				
檢測前是否吹除積碳物		<input checked="" type="checkbox"/> 是， <input type="checkbox"/> 否		
讀值 \ 項次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均值
光吸收係數 (m^{-1})	測試(動態臂) 0.27	0.24	0.25	0.25
	測試(不動態臂) 0.21	0.18	0.17	0.19

註：記錄連續三次不透光率讀值，最大值及最小值相差不得超過 $0.25 m^{-1}$ ，如相差值超過 $0.25 m^{-1}$ ，再進行連續三次試驗循環之不透光率讀值亦不得超過 $0.25 m^{-1}$ 。但檢測進樣次數超過五次者，應予退驗。

施工機具排放黑煙不透光率檢測				
讀值 \ 項次	第 1 次	第 2 次	第 3 次	
不透光率(%)	測試(動態臂) 9.36	8.36	8.69	
	測試(不動態臂) 7.35	6.34	6.00	

零點、全刻度漂移檢查	
零點(m^{-1})或(%)	設定值： <u>0.00 m^{-1}</u> 讀值： <u>0.00 m^{-1}</u>
全刻度(m^{-1})或(%)	設定值： <u>10.0 m^{-1}</u> 讀值： <u>9.99 m^{-1}</u>
(不超過光吸收係數 $0.025 m^{-1}$ 或全刻度 2%)；(不超過不透光率 0.5% 或全刻度 2%)	

**施工機具排氣中黑煙不透光率檢測
不透光式煙度計設定紀錄表（參考範例）**

記錄人員：朱○○、蕭○○

日期：114 年 4 月 29 日

不透光式煙度計設定					
不透光式煙度計 廠牌	MEGA ASIA	型號	MA-200A	序號	OP-0408
不透光式煙度計有效光徑長度： <u>364 mm</u> ，不透光式煙度計煙室溫度： <u>75</u> °C					
零點設定	設定值： <u>0.00</u> 讀值： <u>0.00</u> （允收範圍：±1.0 %）				
全刻度設定	設定值： <u>100.0</u> 讀值： <u>99.9</u> （允收範圍：99.0 % ~ 101.0 %）				
項目 編號	濾光片編號	標稱值	讀值		
1	FT-A1008	0.99	1.01		
2	FT-B1008	1.55	1.58		
3	FT-C1008	3.94	3.95		
檢查偏差值是否 ±2 % 以下		<input checked="" type="checkbox"/> 是， <input type="checkbox"/> 否（不得執行施工機具排放黑煙不透光率檢測作業）			
不透光式煙度計檢測期間中段檢查					
項目 編號	濾光片編號	標稱值	讀值		
1	FT-B1008	1.55	1.59		
檢查讀值是否 ±0.15 m ⁻¹ 以下		<input checked="" type="checkbox"/> 是， <input type="checkbox"/> 否（檢測期間所有數據皆無效）			