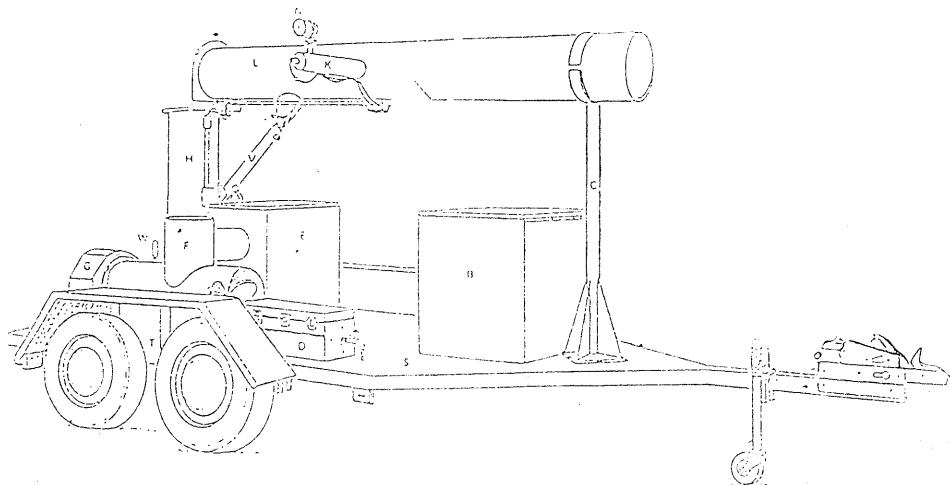


目測判煙技術

吳贊鐸*

一、目測判煙訓練機

為訓練衛生稽查人員如何判定黑、白煙之不透光率（Opacity）暨有效提昇目測判煙（Visible Emissions Evaluation）能力之公正性與準確性，須有一能產生黑煙、白煙且能自動量測其透光率（當光線穿過黑、白煙時）之機構設備。為此，目測判煙訓練機（Smoke Generator）（如圖一）乃應運而生，現為美國黑煙學校（Smoke School）、美國環境保護署（EPA）所採用。行政院衛生署環境保護局亦於75.3派員赴美參加 U.S.A. EPA 目測判煙訓練及檢定，並引進其訓練方式，擬定於75.7舉辦美式目測判煙訓練班。



圖一 目測判煙訓練機

各組件分述如下：

- A. 單軸拖車 (Single Axle Trailer) —— 用以拖載2000磅以上之設備。
- B. 儲存箱 (Storage Compartments) 存 —— 放瓦斯桶、油桶、油管及修護工具等。
- C. 煙囪支架 (Support of Stack)
- D. 白煙發生器 (White Smoke Generator) —— 將二號柴油 (#2 fuel oil) 注入丙烷 (Propane) 加熱室 (heated chamber) 燃燒，白煙 (0%~100% Opacity) 隨即產

* 行政院衛生署環境保護局技士

生。該燃燒室係由不銹鋼造成，且與發生器混合室相連接。

E.甲苯燃燒室 (Toluene Combustion Chamber-Black Smoke)

F.稀釋歧管 (Dilution Manifold)

G.風扇 (Main Blower Assembly)

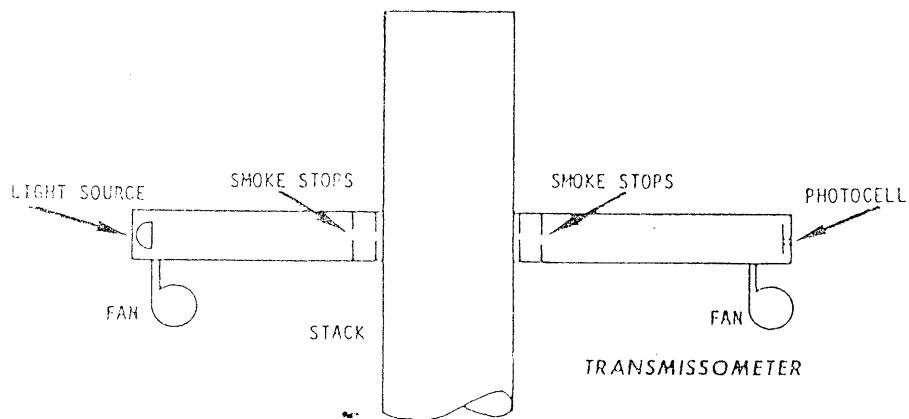
H.煙囪 (Stack Assembly)

O.操作者控制座 (Operator's Console)

W.水壓式千斤頂 (Hydraulic Jack)

(一)透光計 (Transmissometer) 原理

透光計安裝於煙囪上 (如圖二)，該儀器包括燈源 (light source) 及光管 (photocell)，煙柱濃度之測定乃在煙囪上直接測定可見光通過煙囪斷面時，受煙柱影響所造成之不透光率。光線由投光器射出後，經由煙囪斷面到達光管，光線由於煙囪內微粒之吸收與散射作用而衰減。排煙不透光率即表示此光衰減之程度。不透光率值則由記錄器、不透光率計讀數。



圖二 透光計

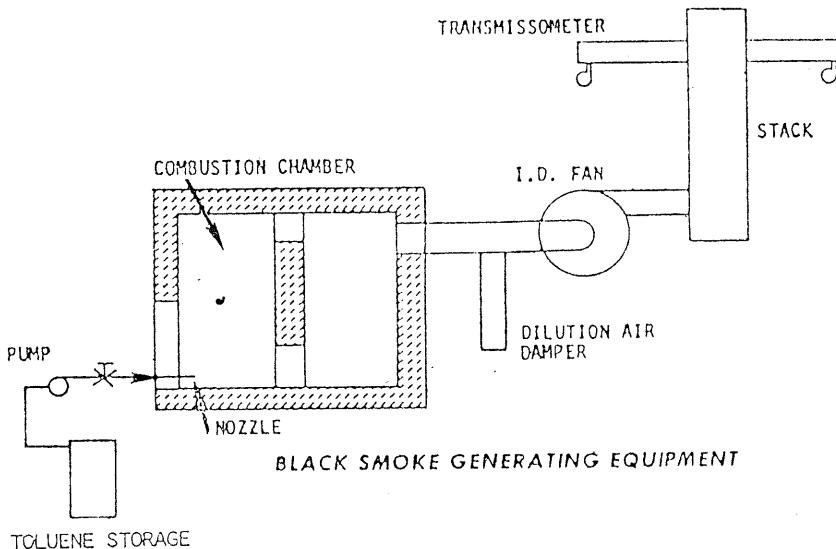
(二)黑煙之產生及其原理

黑煙是藉着燃燒甲苯 (toluene) 而產生，而黑煙濃度之變化，乃隨着甲苯流量 (flow rate) 大小而定。誘導通風式風扇 (Induced-Draft Fan)，提供各種煙柱出口速度。本系統可產生 0%~100% 不透光率之黑煙。其系統、設計圖如圖四：

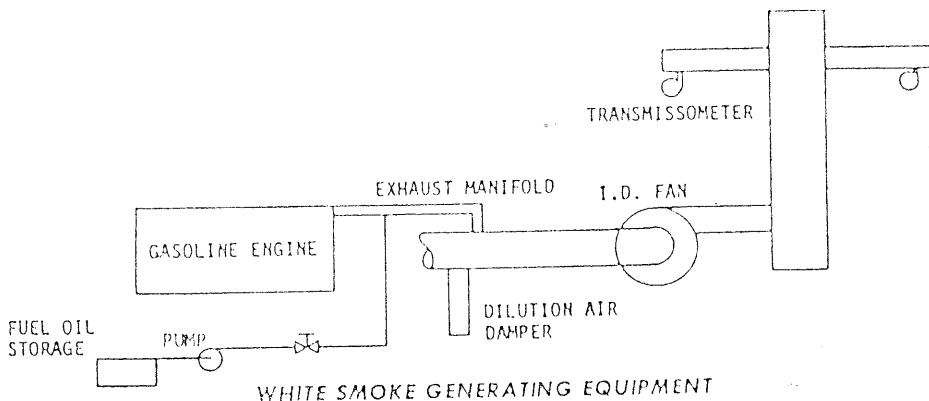
(三)白煙之產生及其原理

白煙係在丙烷燃燒室內，將二號柴油燃燒而成。其白煙濃度之變化，是隨着燃油之供給量 (feed rate) 而定。本系統可產生 0%~100% 不透光率之白煙。其系統、設計如圖三：

目測判煙訓練機 (簡稱S/G)，經 ZERO/SPAN 校正後，分別隨機產生 25%、50%、75% 不透光率之黑、白色煙柱，供學員練習判定，俟熟練為止。再行測驗黑煙、白煙不透光率值各 25 題。任何一題之觀測值與標準值之誤差不得超過 15% 不透光率，黑、白煙之平均誤差 (Average Error) 不得超過 7.5% 不透光率，方為檢定合格。



圖三 黑 煙 發 生 設 備



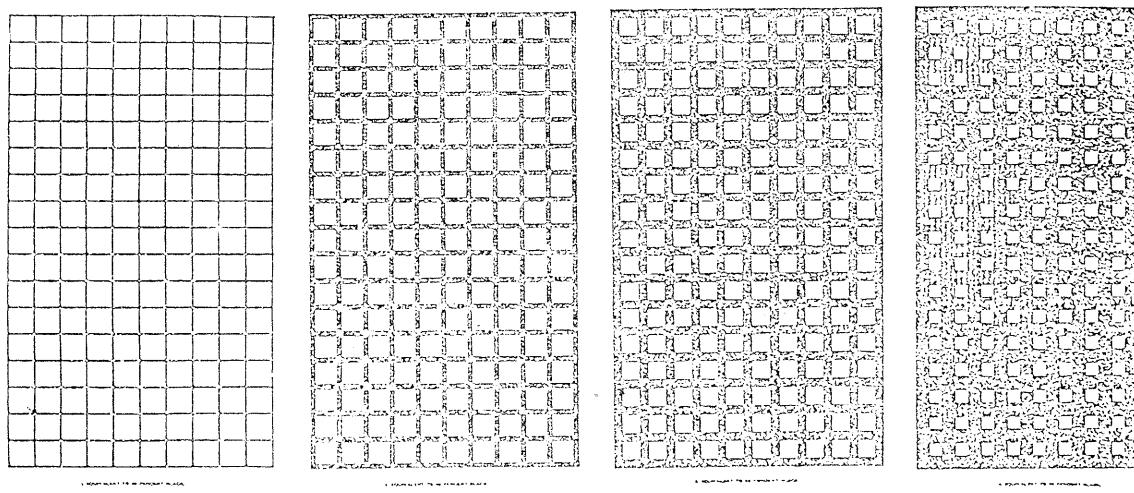
圖四 白 煙 發 生 設 備

二、我國現行訓練及執行方式

把林格曼圖（如圖五）立於距離觀測者16公尺處，高約觀測者眼睛之位置，以供觀測者判定各種不透光率（為加強辨別判定能力，增加一張70%之不透光率（即20%、40%、60%、70%、80%），而100%之不透光率，係因全黑，在判定上已不具意義，故不使用）。現場實習（Field Training Exercise）使用之 Ringelmann Chart 係經改良（如圖六）——黑線改為黑點，面積縮小，並將林格曼 1 至 5 號全部印在同一卡片上，以利觀測時比較判定，其觀測距離為30~150公尺間。

林格曼表（Ringelmann Chart）又名黑煙濃度檢驗卡（簡稱驗煙卡），適用於判定黑或灰色空氣污染物之不透光率，其使用法如下：

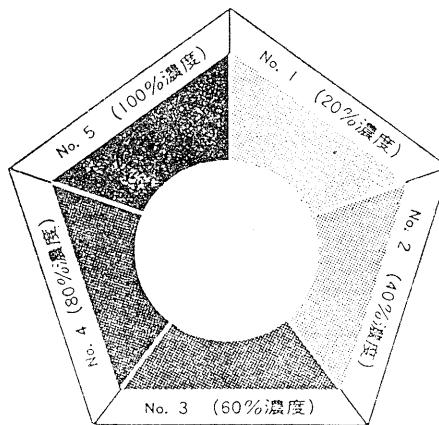
- (1)手持驗煙卡，手臂伸直。



RINGELMANN'S SCALE FOR GRADING THE DENSITY OF SMOKE

圖五 林 格 曼 圖

黑 煙 濃 度 檢 驗 卡



應禁止No. 2 以上濃度之排煙

圖六 驗 煙 卡

(2)由驗煙卡中，觀看汽車排氣管口或煙囗口排煙顏色。

(3)目測方向與排煙方向成直角。

(4)目測背景應避免正對陽光或黑色建築。

(5)目測有效距離：

i. 汽車排煙——30~150公尺。

ii. 煙囗排煙——30~400公尺（約兩倍於煙囗高度）。

(6)與驗煙卡圓孔四週之各種顏色相比對，找出與驗煙卡上相同之顏色，即為該煙之濃度

◦若排煙之顏色在驗煙卡上兩種顏色之間時，可以兩種顏色之百分比估計之。

我國現行空氣污染物排放標準如下：

(1)交通工具（汽車、火車、船舶）空氣污染物（粒狀污染物）排放標準——40%不透光

率。

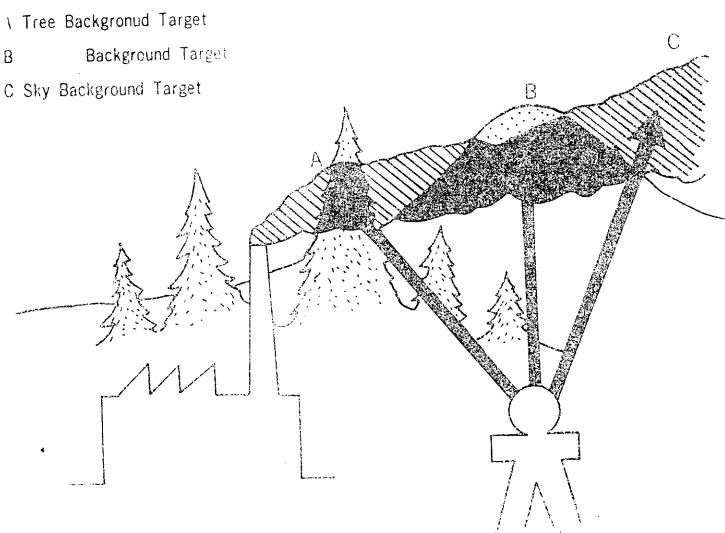
(2)空氣污染物（黑煙）排放標準——最高容許量（排放口標準），林格曼表二號起火時可到三號，但1小時累積時間不得超過3分鐘。

三、煙柱不透光率之判定

(一)煙柱不透光率與煙柱外觀

- 煙柱不透光率——當光線通過煙柱時，光線所減少之程度謂之。
- 煙柱外觀——由煙柱之反射光線及其背景光線間之差異，比對而成。

判定不透光率之最佳方法為判定煙柱遮蔽景物體（如：樹、山、天空）之程度大小。簡易位置圖說明如圖七。



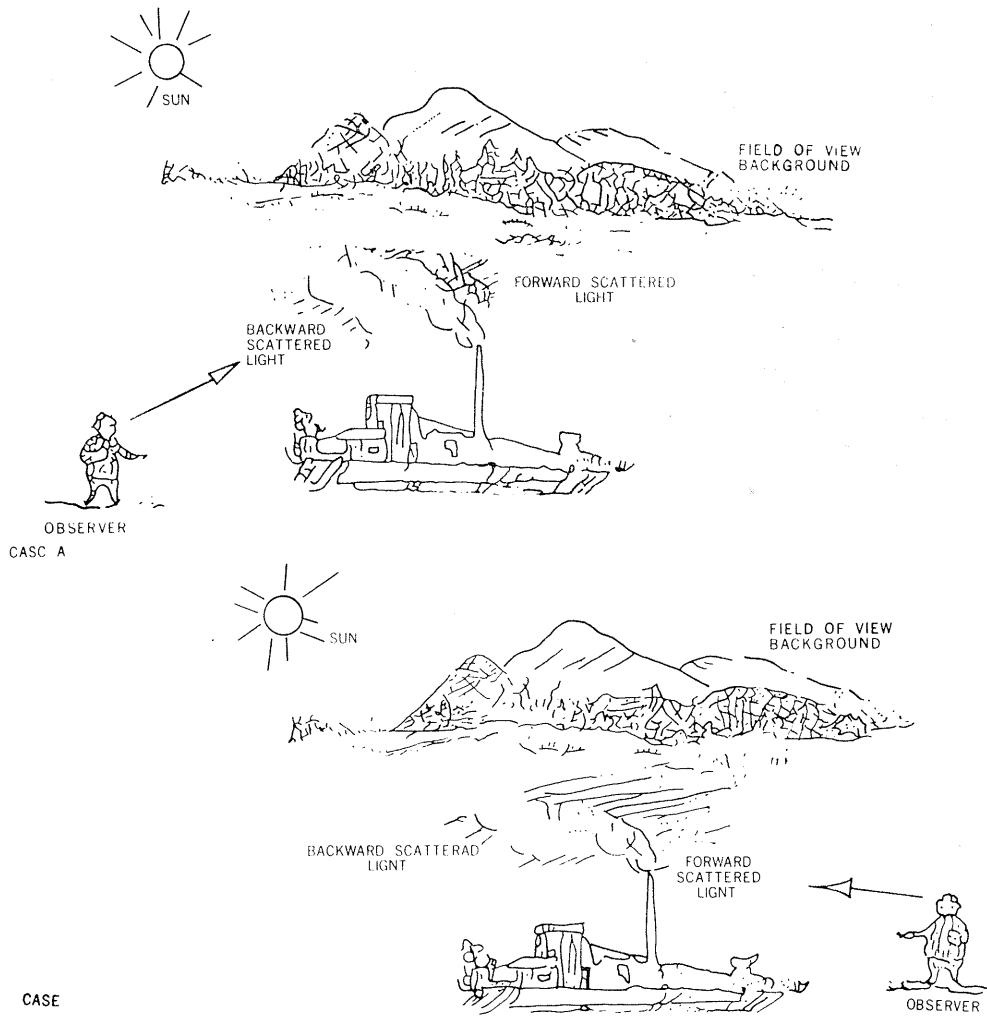
圖七 簡易位置圖

例：煙柱經光線之散射（Scatter），所觀測之背景，將因此而改變其冷光（luminescence）或光度（brightness）。觀測者可藉着光線穿透煙柱之程度，來區分煙柱與其背景之對比性。

(二)美國 EPA'S Reference Method 9

其主要目的在提供一標準程序與指標，使觀測者在判定煙柱不透光率時，不受煙柱外觀所影響。圖八將概略敘述，何者符合Method 9規定，何者不符合。

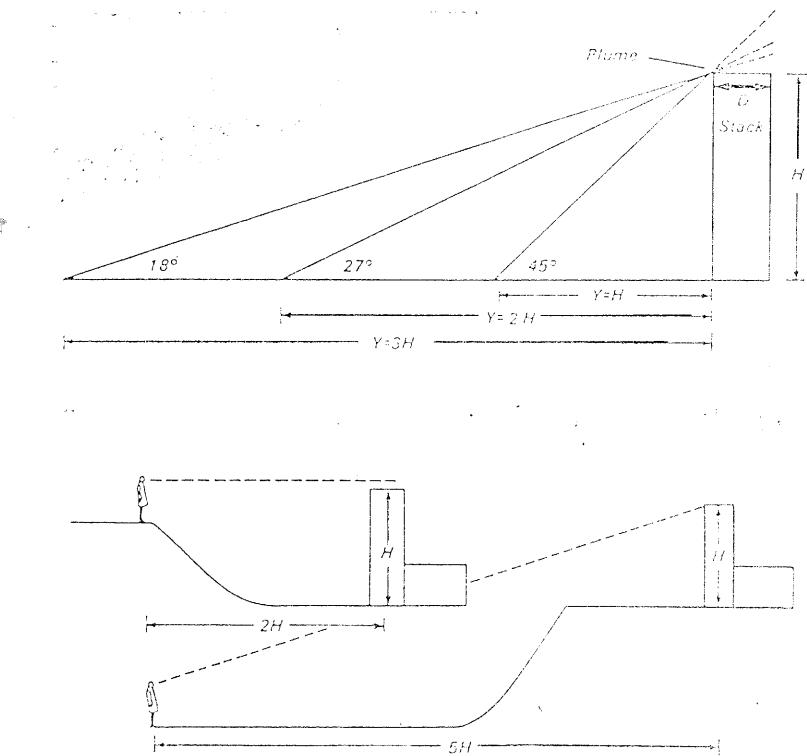
當稽查員與煙囪距離約400公尺（ $\frac{1}{4}$ mile）時，煙囪周圍之光線對煙柱和背景的比照（contrast）上，會產生一相反效果。所以，如果觀測時天空陰雲密佈或煙霧瀰漫，則觀測點愈遠，霧、靄對視程之影響愈大，所判定之值就愈不準確。



圖八

換句話說，觀測者至少須與煙囪相距「三倍煙囪之高度（three stack heights）」。且煙柱之最佳觀測點，於煙囪口上，一個煙囪直徑處。因為此處煙柱濃度最深且煙柱寬度等於煙囪直徑。當觀測者愈接近煙囪則觀測角度（Viewing/Slant angle）愈大、觀測時之煙柱寬（observed path length）亦加大，導致不透光率觀測值之增加。其相關性、變異性，詳如下圖：

相距三倍煙囪高度之距離（觀測者與煙囪須在同一水平面上），其對應之觀測角度為 18° ，不透光率之光測值較實際值少 1%（但仍在容許誤差範圍內），如果觀測位置較煙囪基底（Base）高，則兩者之距不得超過三倍煙囪高度，約二倍煙囪高度。相反地，觀測位置較煙囪基底低，則兩者之距應大於三倍煙囪高度，約五倍煙囪高度，如圖九。為了使觀測值誤差不超過 1%，觀測角度應保持在 18° 以下。

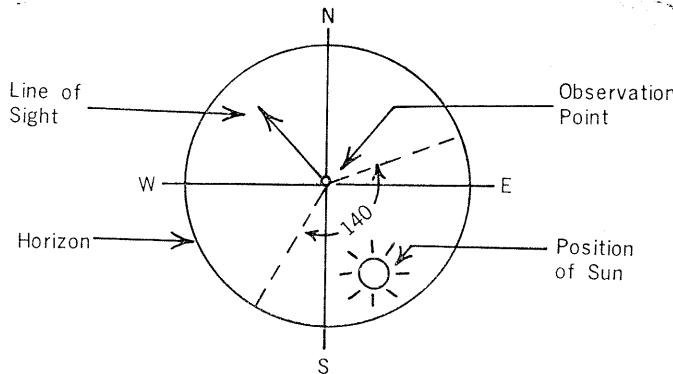


Observer distance, observed path length relationships

圖九

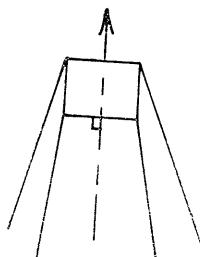
(三)判煙之標準操作程序

1. 目測方向與排煙方向成直角，如圖十。
2. 盡量背對太陽，不可直觀，如圖十。
3. 比對背景——黑煙時以天空為背景，白煙時以對比顏色為背景，無比對背景時，通常較難目測判煙。
4. 判定煙函口 (lip of stack) 之煙柱；除分離煙柱 (判定最濃部份) 外，和含「蒸氣」之煙柱 (於蒸氣分散前判定)，目測判煙時以低濕度氣候、具持續性之蒸氣煙柱為宜。
5. 時機——足夠之光線 (可清楚地看見煙柱)。晚間判定時，使用反照射法 (back lighting) 判定法令許可範圍內之不透光率，但稽查員須先接受夜間目測判煙訓練。若風速太大、天候不良、光線不夠、背景不成對比時，不宜觀測。
6. 距離——30~400 公尺。(規則：二倍於煙函高度) 觀測時，煙柱與地面角度不得太大。
7. 輔助儀器——煙度計 (Smokescope)、林格曼表 (Ringelmann Chart) 限於判定



圖十一

③從矩形出口（rectangular outlets）（如：屋頂監測器、開口裝室、非圓柱狀煙囪）判定排放物之不透光率時，應由垂直於矩形出口之長軸位置，如下圖，判定之。



圖十二

④若有許多煙囪包圍時，觀測員每次判定不得超過一個煙柱，而且無論任何狀況下，觀測員應使其視線與矩形煙囪之較長軸成直角。若想求得所有煙囪之不透光率，可利用下述公式：

$$1 - \frac{O_1}{100} = T_1$$

$$1 - \frac{O_2}{100} = T_2$$

$$1 - \frac{O_N}{100} = T_N$$

$$T_1 \times T_2 \times \dots \times T_N = T_T$$

$$100 \times (1 - T_T) = O_T$$

O_1 第 1 支煙柱之不透光率

O_2 第 2 支煙柱之不透光率

O_N 第 N 支煙柱之不透光率

T_1 第 1 支煙柱之透光率

T_2 第 2 支煙柱之透光率

T_N 第 N 支煙柱之透光率

T_T 總透光率

O_T 總不透光率

⑤煙柱之最佳觀測點，於煙窗口上，一個煙窗直徑處。因爲此處煙柱濃度最深且煙柱寬度等於煙窗直徑。

⑥觀測員應注意觀測位置之安全性。

2. 觀測 (Observations)

煙柱不透光率之觀測應在不含凝結水蒸氣煙柱部份之最大不透光率處判定。觀測員不可連續觀測煙柱，應間歇地於15秒間距觀測煙柱。

①連續水蒸氣煙柱 (Attached Steam Plumes)

煙柱從排放口冒出，而「凝結水蒸氣」存在於煙柱內時，不透光率應在凝結水蒸氣不再存在之煙柱處判定。觀測員應紀錄由排放口至煙柱觀測處之距離。

②附着水蒸氣煙柱 (Detached Steam Plumes)

當煙柱中之水蒸氣從排放口排出，在一段明顯距離內凝結且肉眼可見時，排放物之不透光率應在水蒸氣凝結及蒸氣煙柱形成之前判定。

3. 觀測紀錄

每隔15秒觀測乙次之不透光率觀測值應以5%爲單位，即5%，10%，15%，20%，.....100%，(例：低於5% (如：4%) 時，寫5%；大於5%，小於10%時 (如：8%)，寫10%) 登錄於可見污染物觀測紀錄表 (Visible Emission Observation Form) (如表一)。至少應紀錄24個觀測值，每個瞬間測值，應被視爲排放物每15秒之平均不透光率。

4. 資料分組 (Data Reduction)

不透光率應決定於以每15秒爲間距 (即0,15,30,45,.....360秒)，連續觀測24次紀錄之平均值 (亦即每隔15秒觀測乙次，連續觀測24次之平均值)。將紀錄表上之觀測值「以24次連續觀測值」分組。一組包含24個連續觀測值。各組不須立即連續，且絕不能有兩組重複。以24次觀測值爲一組，其平均值計算，是由24個觀測值相加總和再除以24，即得。若有一適用標準規定「平均時間」需要超過24次觀測時間時，則所有觀測平均值，要以指定間距計算。

5. 資格與檢定 (Qualifications & Testing)

符合下列條件者，方爲檢定合格：

①對於25種不同黑色煙柱及25種不同白色煙柱之不透光率，其觀測值應以5%爲單位，讀數。

②任何煙柱之觀測值，其誤差 (Error) 不得超過15%不透光率。

③每一類 (黑煙、白煙) 之平均誤差 (Average Error) 不得超過7.5%不透光率。證書之有效期限爲6月。超過期限者，須經複訓，檢定合格後，方可保留合格證明。

VISIBLE EMISSION OBSERVATION FORM

SOURCE NAME ADMIRAL POWER PLANT			OBSERVATION DATE 15 JULY 1982				START TIME 1530		STOP TIME 1342			
ADDRESS 1/2 OCEAN ROAD			SEC MIN	0	15	30	45	SEC MIN	0	15	30	45
			1	30	35	55	55	31				
			2	55	50	40	35	32				
CITY ADMIRAL CITY		STATE VA	ZIP 23451	3	35	35	35	35	33			
PHONE 804-425-5101		SOURCE ID NUMBER NEDS 45721		4	30	35	35	35	34			
PROCESS EQUIPMENT OIL FIRED BOILER		OPERATING MODE BASE LOAD		5	30	30	30	30	35			
CONTROL EQUIPMENT ELECTROSTATIC PRECIPITATOR		OPERATING MODE RAPPING		6	35	35	35	35	36			
DESCRIBE EMISSION POINT BRICK STACK 25' DIA		START ✓ STOP ✓		7	30	30	35	35	37			
HEIGHT ABOVE GROUND LEVEL START 100' STOP ✓		HEIGHT RELATIVE TO OBSERVER START 100' STOP ✓		8	35	40	60	55	38			
DISTANCE FROM OBSERVER START 400' STOP ✓		DIRECTION FROM OBSERVER START NNE STOP ✓		9	60	40	55	60	39			
EMISSION COLOR GREY/WHITE STOP ✓		PLUME TYPE CONTINUOUS FUGITIVE □ INTRMITTENT □		10	50	45	35	30	40			
WATER DROPLETS PRESENT NO □ YES □		IF WATER DROPLET PLUME ATTACHED □ DETACHED □		11	30	30	30	30	41			
POINT IN THE PLUME AT WHICH OPACITY WAS DETERMINED START 10' ABOVE STACK EXIT STOP ✓				12	30	30	30	30	42			
DESCRIBE BACKGROUND START SKY STOP w/ BROKEN CLOUDS				13					43			
BACKGROUND COLOR START BLUE STOP blue white		SKY CONDITIONS START CLEAR STOP CLOUDY		14					44			
WIND SPEED START 15 MPH STOP 20 MPH		WIND DIRECTION START SW STOP ✓		15					45			
AMBIENT TEMP START 85°F STOP ✓		WET BULB TEMP 54°F	RH, percent 8.5%	16					46			
				17					47			
				18					48			
				19					49			
				20					50			
				21					51			
				22					52			
				23					53			
				24					54			
				25					55			
				26					56			
				27					57			
				28					58			
				29					59			
				30					60			
AVERAGE OPACITY FOR HIGHEST PERIOD		40%		NUMBER OF READINGS ABOVE 40% WERE 11								
RANGE OF OPACITY READINGS		MINIMUM 30%		MAXIMUM 60%								
OBSERVER'S NAME (PRINT)		U.E. PROFFIT										
COMMENTS USES #6 OIL		OBSERVER'S SIGNATURE U.E. PROFFIT		DATE 15 JULY 1982								
I HAVE RECEIVED A COPY OF THESE OPACITY OBSERVATIONS SIGNATURE William P. Jance		CERTIFIED BY EASTERN TECHNICAL ASSOC.		DATE 13 MAY 1982								
TITLE SHIFT MANAGER		VERIFIED BY RDA		DATE 15 AUG 1982								

參 考 書 目

1. Stern. "Air Pollution"
2. Henrg C. Perkins. "Air Pollution"
3. Code of federal Regulations-40
4. "Visible Emission Evaluation Traiuing Program" N. C. Department of Watural Resources & Community Development Division of Environmental Manageweut
5. "Visible Emissions Program Operations Manual," U.S. EPA.
6. "EPA Visible Emission Inspection Procedures," Stationary Source Euforce-
ment Division, Office of General Euforcement EPA.