

附錄一、粒狀污染物不透光率監測設施之規範

(一)規範內容：粒狀污染物不透光率監測設施之安裝規範、性能規格、確認程序及校正誤差查核程序等。

(二)名詞定義

1. 粒狀污染物不透光率監測設施：可連續自動監測排放管道排氣不透光率之整體設備包括：
 - (1)採樣界面(Sample Interface)：保護監測設施的分析儀，使之不受排放管道排放污染物的影響，有助保持光學表面清潔之界面。
 - (2)污染物分析器(Pollutant Analyzer)：感應排放氣體不透光率並輸出訊號之儀器。
 - (3)數據記錄器(Data Recorder)：持續記錄分析器輸出不透光率之訊號，並具有自動整理數據功能及可供電腦連線傳輸介面之儀器。
2. 透光儀(Transmissometer)：監測設施之一部份，包括採樣界面及分析器。
3. 透光率(Transmittance, Tr)：入射光線通過介質之百分率。
4. 不透光率(Opaicity, Op)：入射光線經過介質而衰減之百分率。
5. 不透光率密度(Opaicity Density, D)：入射光線衰減量之對數值， $D = -\log(1 - Op)$
6. 尖峰光譜應答(Peak Spectral Response)：透光儀光譜應答曲線上最大的光譜應答值。該值即為透光儀最大靈敏度相對之波長。
7. 平均光譜應答(Mean Spectral Response)：透光儀有效光譜應答曲線上所有光譜應答值之算術平均值。
8. 檢視角度(Angle of View)：由分析儀之光學偵測器，所檢視出之最大輻射角度，輻射強度應大於 2.5% 尖峰光譜應答值。
9. 投射角度(Angle of Projection)：由分析儀燈泡組投射出之最大輻射角度，輻射強度應大於 2.5% 尖峰光譜應答值。
10. 校正誤差(Calibration Error)：監測設施量測不透光率值及校正用衰光器不透光率讀數之差。
11. 零點偏移及全幅偏移
 - (1) 零點偏移(Zero Drift)：在不作定期維護及修理情況下，連續正常操作一段時間後，零點讀出值與前次零點校正值之差。
 - (2) 全幅偏移(Span Drift)：在不作定期維護及修理情況下，連續正常操作一段時間後，全幅讀出值與前次全幅讀出值之差。
12. 應答時間(Response Time)：監測設施產生不透光率變化後，至紀錄器顯示訊號達到最終數值 95% 之時間間隔。
13. 操作測試期間(Operational Test Period)：不進行維修及調整狀況下，依操作規範操作一百六十八小時之期間。
14. 光徑長度(Path Length)：介於接受器至單向透光儀(single-pass Transmissometer)間或透光接受器(Transceiver)至雙向透光儀(double-pass transmissometer)之反射器間光柱所經過之距離。二種光徑長度定義如下：

(1)監測光徑長度(Monitor Path Length)：監測設施安裝位置之光徑長度。

(2)排放口光徑長度(Emission Outlet Path Length)：排放管道出口處之光徑長度。其排放口若為非圓型，半徑長度計算方式如下，但不適用逸散性之壓力濾袋出口及側面排放閘口等。

$$De = 2LW/(L+W)$$

De：排放口半徑長度

L：出口長度

W：出口寬度

(三)安裝規範

1. 安裝位置：

(1)監測設施應安裝於足以取得具代表性數據之位置，其設置要求如下：

A 在所有粒狀污染物控制設備之下游位置。

B 不得在水汽會凝結之位置。

C 不受周遭光線干擾之位置。

D 在容易進行維修、保養或操作之位置。

E 既存固定污染源因採行濕式洗滌污染防制設備，致監測設施無法準確量測者，得報經地方主管機關同意後，設置於濕式洗滌污染防制設備之上游位置。

(2)量測光徑須選擇在排放氣體混合良好及濃度均勻之位置，混合良好的之要素包括紊流混合及足夠之混合時間。量測光徑應通過占排放管道截面積 25%之中央區域內(與排放管道截面幾何相似形之同心區域)，量測光徑位置得依下述規定選擇：

A 透光儀位置在彎曲道下游排放管道垂直段四倍直徑距離以內，其量測光徑須位於該彎曲道中心曲線所在之平面上，如圖一。

B 透光儀位置在彎曲道上游排放管道垂直段四倍直徑距離以內，且量測光徑須位於該彎曲道中心曲線所在之平面上，如圖二。

C 透光儀位置在一個彎曲道下游排放管道垂直段四倍直徑距離以內，並在另一個彎曲道上游一倍直徑距離以內，其量測光徑須位於其上游彎曲道中心曲線所在之平面上，如圖三。

D 透光儀位置在垂直彎曲道下游排放管道水平段四倍直徑距離以外者，其量測光徑須位於在距下端管壁 1/2 至 1/3 直徑範圍內之水平平面上，如圖四。

E 透光儀位置在垂直彎曲道下游排放管道水平段四倍直徑距離以內，若排放氣體為向上流者，其量測光徑須位於在距上端管壁 1/2 至 1/3 直徑範圍內之水平面上；排放氣體為向下流者，量測光徑須位於距下端管壁 1/2 至 1/3 直徑範圍內之水平面上，如圖五。

F 無法於前述位置裝設監測設施之污染源，經報請地方主管機關同意後，得選擇替代位置，該替代位置與前述規定位置所得之不透光徑平均值，其誤差應小於 10%，或在二位置所測得之不透光率差值小於不透光率值 2%。

2. 透光儀

(1)尖峰及平均光譜應答：波長必須在 400 nm 至 700 nm 之間，任何波長小於 400 nm 或大於 700 nm 的應答強度不得大於尖峰光譜應答 10%。

(2)檢視角度：檢視角度必須小於 5 度。

(3)投射角度：總投射角度必須小於 5 度。

(4)光學準線(Optical Alignment Sight)：每一分析器需具有光學準線對準之檢查方法，該

方法於八公尺之光徑，若光學準線未對準，可感應 $\pm 2\%$ 不透光率之變化。若分析儀器在實際操作中可自動檢查零點，且其量測及校正時光學準線維持不變，則不必符合上述規定。

(5)模擬零點及全幅校正系統：偏移測試必須檢查零點及全幅二點，此二點若無法校正，則須報經地方主管機關同意後以低值(10%以下不透光率值)及高值(全幅之 80 至 100%)二點取代之。每一分析器必須具備校正系統，模擬零點及全幅不透光率值，以提供透光儀在操作中之零點及全幅偏移測試，該校正系統可用來檢查分析器內部之光學參數、燈泡及光感應器等電子電路。

(6)外部光學表面之清潔：每一分析器之光學表面必須能夠在不移動監測設施及不需重新校正光學準線之情況下進行清潔工作。

(7)自動零點補整(Compensation)指示器：

A 監測設施之光學表面受灰塵污染後，透光儀應具備零點補整功能，在補整累積超過 4%不透光率時，可在指示器上顯示出。該指示器應位於方便操作之位置，並應以自動控制或手動方式記錄每二十四小時之零點補整，以決定其二十四小時零點偏移。

B 具有自動校正功能者，於零點補整累積至 4%不透光率時，應清潔光學感應之表面；不具自動校正功能者，在零點及全幅偏移測試前，應清潔光學感應之表面。

3. 數據記錄器：數據記錄器之輸入訊號強度範圍，須適於分析儀器之輸出訊號。

4. 校正用衰光器(Calibration Attenuators)：校正用衰光器要有三個以上，該衰光器必須為中性光譜特性之濾光鏡或篩光鏡，其規範及校正程序如下述(五)3.(1)B 及(五)3.(1)C。

5. 校正用光譜儀：規範如表 1-1。

表 1-1 校正用光譜儀之規範

參 數	規 格
光波長範圍	400~700nm
偵測角度	$< 10^\circ$
準確度	$< 0.5\%$

(四)性能規格：如表 1-2 所示。

表 1-2 不透光率監測設施之性能規格

參數	規格
1.校正誤差	$\leq 3\%$ 不透光率
2.應答時間	≤ 10 秒
3.操作測試時間	≥ 168 小時
4.零點偏移 (24 小時)	$\leq 2\%$ 不透光率
5.全幅偏移 (24 小時)	$\leq 2\%$ 不透光率
6.記錄器解析度	$\leq 0.5\%$ 不透光率

(五)監測設施確認程序

1. 設備規格確認程序

(1)光譜應答：由儀器製造商取得偵測器應答(Detector Response)、光源照射率(Lamp

Emissivity)及濾光器透光率(Filter Transmittance)之規格資料，並以透光儀製作波長與光譜應答之關係校正曲線，從該曲線上決定尖峰光譜應答波長、平均光譜應答波長以及低於 400 nm 和高於 700 nm 之最大應答(以尖峰應答百分率表示)。

- (2)檢視角度：依儀器說明書設定接收器(Receiver)，畫一個半徑三公尺的水平圓弧，在圓弧上距接收器中心線二側三十公分範圍內，以每次五公分間隔，測定接收器對不定向光源(小於三公分)之應答強度。在垂直方向重複上述步驟，並計算水平與垂直方向各檢視角度下之應答，製作檢視角度與應答之關係曲線(半徑三公尺之圓弧，弧長二十六公分之夾角為五度)。
- (3)投射角度：依製造商提供之手冊設定投射器，在水平方向畫一個半徑三公尺之圓弧，在圓弧上距投射器中心線兩側三十公分之範圍內，每次五公分間隔，以光電偵測儀(小於三公分)測定光線強度；在垂直方向依同一方法量測，並計算水平與垂直二方向各投射角之應答，製作投射角與應答之關係曲線，進而得到投射角度(半徑三公尺之圓弧，弧長二十六公分之夾角為五度)。
- (4)光學準線：依儀器說明書將監測設施組合後，將量測光徑設定八公尺，在此光徑中插入一個 10% 衰光器，緩慢轉動投射器(projector)直到記錄器上得到 $\pm 2\%$ 不透光率之變化，再依儀器說明書之指示檢查該儀器是否偏移。

2. 性能規格確認程序

- (1)先期調整及測試：在安裝監測設施於排放管道之前，應於相關設施上或實驗室中進行此項測試。

A 裝置準備：

- a 依製造商提供之說明書裝設監測設施之量測光徑位置並校正之。
- b 校正前必須實際量測透光器至接收器或反射器間之距離。
- c 監測設施若有自動調整量測光徑長度功能，則依說明書將分析器之輸出訊號調至排放口之光徑長度。
- d 設定儀器與數據記錄器之量測範圍(零點及全幅)。
- e 在模擬光徑上進行零點及全幅偏移測試，並調整儀器方位至最大應答值產生。
- f 依儀器說明書指示，在模擬光徑上檢查模擬零點與實際零點是否相符，再量測全幅校正用衰光器，並記錄全幅不透光率值，該不透光率量測範圍必須大於排放標準值。

- B 校正衰光器之選擇：以全幅值為基準，利用表 1-3 選擇三個以上校正衰光器(低、中、高範圍)，並利用表 1-3 及式 1-1 計算所須衰光器之不透光率密度值。

表 1-3、校正用衰光器規範標準

全幅值 (不透光率)	校正衰光器之不透光率密度, D ₂ (括號內為相對之不透光率)		
	低	中	高
20	0.02(5)	0.05(11)	0.09(18)
30	0.04(8)	0.07(15)	0.14(27)
40	0.05(11)	0.1(20)	0.2(37)
50	0.1(20)	0.2(37)	0.3(50)
60	0.1(20)	0.2(37)	0.3(50)
70	0.1(20)	0.3(50)	0.4(60)
80	0.1(20)	0.3(50)	0.6(75)
90	0.1(20)	0.4(60)	0.7(80)

100	0.1(20)	0.4(60)	0.9(87.5)
-----	---------	---------	-----------

$$D1 = D2 \times \left(\frac{L1}{L2} \right) \quad (1-1)$$

D1：所需之衰光器不透光率密度值

D2：表 1-3 中依全幅值所列之衰光器不透光率密度值

L1：量測光徑長度

L2：排放口光徑長度

C 衰光器校正

- 選擇符合表 1-1 之校正用光譜儀，校正所需之濾光器或篩光器，校正時之波長間隔應小於 200 nm，並在衰光器不同位置檢查數次。
- 衰光器製造者必須說明該衰光器之穩定期限、使用方式及儲存方法，以加強其穩定性。
- 為確認其穩定性，於穩定期限內每三個月應檢查其穩定性一次，必要時可使用另一個高品質實驗室用光譜儀做輔助檢查，但每次檢查穩定性時所使用之光譜儀應一致。
- 衰光器之衰光值改變大於±2%不透光率以上時，則必須重新校正衰光器或更換衰光器。
- 上述檢查過程或更換之過程皆必須記錄。

D 校正誤差查核

- 將校正衰光器(低、中、高範圍)置入透光儀量測光徑之中間位置，該衰光器必須置於量測煙流濃度之一點，但不可置於儀器內部(Instrument Housing)，除非儀器商可證明置於儀器內部仍可得到正確之數據，方可採用後述之方法。
- 在衰光器插入後，須確定整束光柱通過衰光器時不受到任何反射光之干擾。
- 以三個衰光器(低、中、高範圍)量測監測設施輸出之不透光率值，每一個衰光器取五次非連續量測讀數並記錄之，共可得到十五個數據。
- 若光徑不須修正，將每個衰光器量測五次之數據，分別減去衰光器真實之不透光率值，即為不透光率差值；若光徑須經修正，則先利用(七)之公式 1-6 及 1-7 修正量測值，再將此修正值減去衰光器真實之不透光率值，即為不透光率差值。
- 計算上述不透光率差值之算術平均值、標準偏差及信賴係數(式 1-2、1-3 及 1-4)，再計算差值算術平均值之絕對值及信賴係數絕對值之和，即為校正誤差。

E 系統應答時間測試：將高值之校正衰光器置入透光儀光徑五次，記錄監測設施輸出值達到衰光器真實值 95%之時間，再以低值衰光器同樣記錄五次，計算上述十次記錄之平均值。

(2)實地調整：依製造商提供之操作指引及(三)規定將監測設施安裝於污染設備下游排放管道上。污染源相關設備未操作前，依製造商提供之操作指引，將透光儀之投射光柱對準光偵測器或反射器，以光學準線來確認其對準情況。依(五)2.(1)A 規定，在乾淨排放管道中確認模擬零點及真實零點是否符合，於必要時調整其零點準線。污染源相關設備開機後且排放氣體達到正常操作溫度時，再檢查其光學準線，若產生偏移則應予調整，特別必須注意排放氣體是否乾淨，確定排放氣體為乾淨之前應檢查監測輸出訊號之變化。

(3)操作測試期間(Operational Test Period)

- A 監測設施經實地調整後，需進行暖機調整，再進行一百六十八小時之操作測試。
- B 操作測試期間，除儀器之零點及全幅偏移測試，監測設施必須分析排放氣體之不透光率值並記錄輸出訊號。
- C 此期間不得進行非例行之保養、修理或調整。
- D 零點及全幅偏移測試與調整、光學表面清潔及光學準線修正，必須每二十四小時進行一次，進行程序詳如 G 及 H 所述。
- E 操作測試期間，任何調整、透鏡重組及鏡面清潔事項皆應記錄。
- F 操作測試期間內污染源因異常而停機，則在重新起動後，繼續完成一百六十八小時之操作測試；若監測設施故障，則在修護後進行一次一百六十八小時之操作測試。

G 零點偏移測試

- a 記錄起始模擬零點及全幅之不透光率值，每二十四小時檢查並記錄零點偏移測試值(清潔光學表面及調整前)。
- b 零點及全幅偏移檢查、光學表面清潔及光學準線修正，必須每二十四小時進行一次。
- c 零點偏移在性能規格限值以內，則記錄該零點值作為下一個二十四小時檢查之起始值；零點偏移若在性能規格限值以外則須調整，調整後記錄該零點值作為下一個二十四小時檢查之起始值。
- d 監測設施若具有自動零點補整功能，在零點補整後方可進行零點校正偏移檢查，並記錄零點補整值做為最後零點值(在此值後加一括號記錄補整後零點之讀數)。
- e 操作測試期間之起始零點及終止零點值，以式 1-2、1-3 及 1-4 計算其算術平均值、標準偏差及 95%信賴係數，並以式 1-5 計算其算數平均值之絕對值與信賴係數絕對值之和，即為二十四小時之零點偏移值。

H 全幅偏移測試

- a 零點偏移測試及調整之後，檢查並記錄模擬全幅校正值。
- b 全幅偏移在性能規格限值以內，則記錄該全幅值作為下一個二十四小時檢查之全幅起始值；全幅偏移若在性能規格限值以外則須調整，並記錄調整後全幅值作為下一個二十四小時檢查之起始值。
- c 操作測試期之起始全幅及終止全幅值，以式 1-2、1-3 及 1-4 計算其算術平均值、標準偏差及 95%信賴係數，並以式 1-5 計算其算數平均值之絕對值與信賴係數絕對值之和，即為二十四小時之全幅偏移值。

3.不透光率監測設施之設備規格確認程序及性能規格確認之先期調整與測試，除依上述程序進行外，並得以監測設施原製造商提出之測試證明文件替代。

(六)校正誤差查核程序：以監測設施製造廠商或認可機構提供之標準濾光片或其他校正器材進行查核，應有三種以上不同不透光率之標準濾光片，並依(五)2.(1)D之步驟進行之。

(七)公式

1. 算術平均

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1-2)$$

\bar{X} ：調整或校正前後差值平均值

x_i ：各組量測值與標準值之差值

2. 標準偏差

$$Sd = \left[\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n}}{n-1} \right]^{1/2} \quad (1-3)$$

3. 信賴係數：單尾(one-tailed)之 2.5% 誤差信賴係數

$$CC = t_{0.975} \frac{Sd}{\sqrt{n}} \quad (1-4)$$

CC：信賴係數(Confidence Coefficient)

$t_{0.975}$ ：t 檢定值（如表 1-4）

表 1-4 t 值

n	t	n	t	n	t
2	12.706	7	2.447	12	2.201
3	4.303	8	2.365	13	2.179
4	3.182	9	2.306	14	2.160
5	2.776	10	2.262	15	2.145
6	2.571	11	2.228	16	2.131

註：n 為數據組數

4. 誤差：包括校正誤差、零點偏移及全幅偏移之計算

$$Er = |\overline{X}| + |CC| \quad (1-5)$$

$|\overline{X}|$ ：調整或校正前後差值平均值之絕對值

5. 監測設施量測光徑長度轉化成排放口光徑長度：當監測設施量測光徑不等於排放口光徑長度時，以下列公式換算換算：

$$\log(1 - Op2) = \left(\frac{L2}{L1} \right) \times \log(1 - Op1) \quad (1-6)$$

$$D2 = D1 \times \left(\frac{L2}{L1} \right) \quad (1-7)$$

Op1：L1 光徑之不透光率

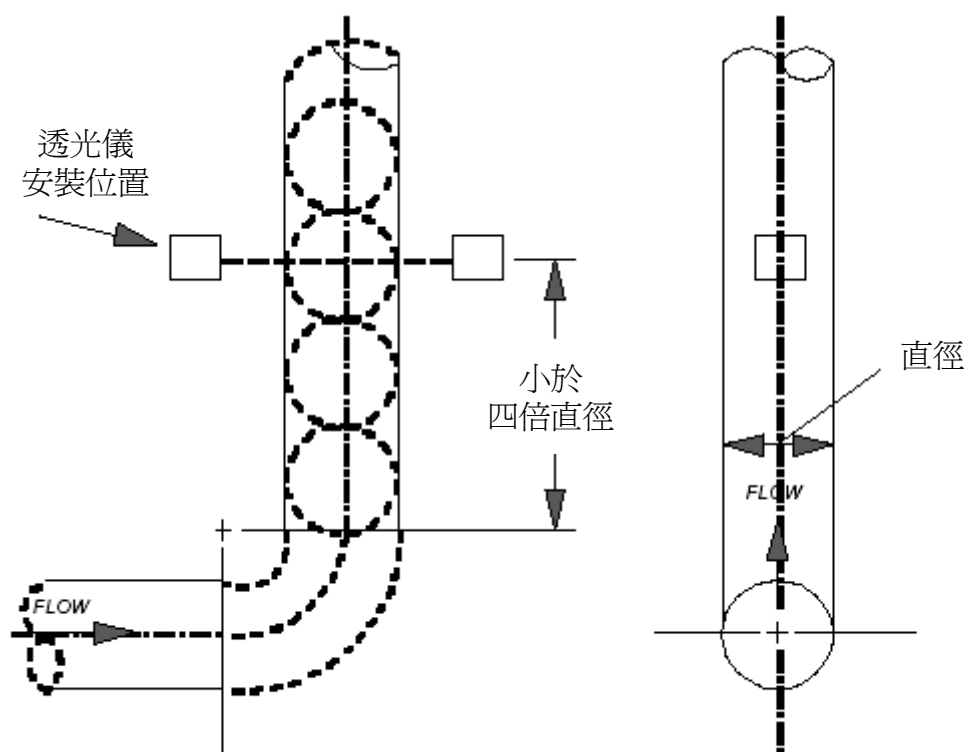
Op2：L2 光徑之不透光率

L1：監測系統光徑長度

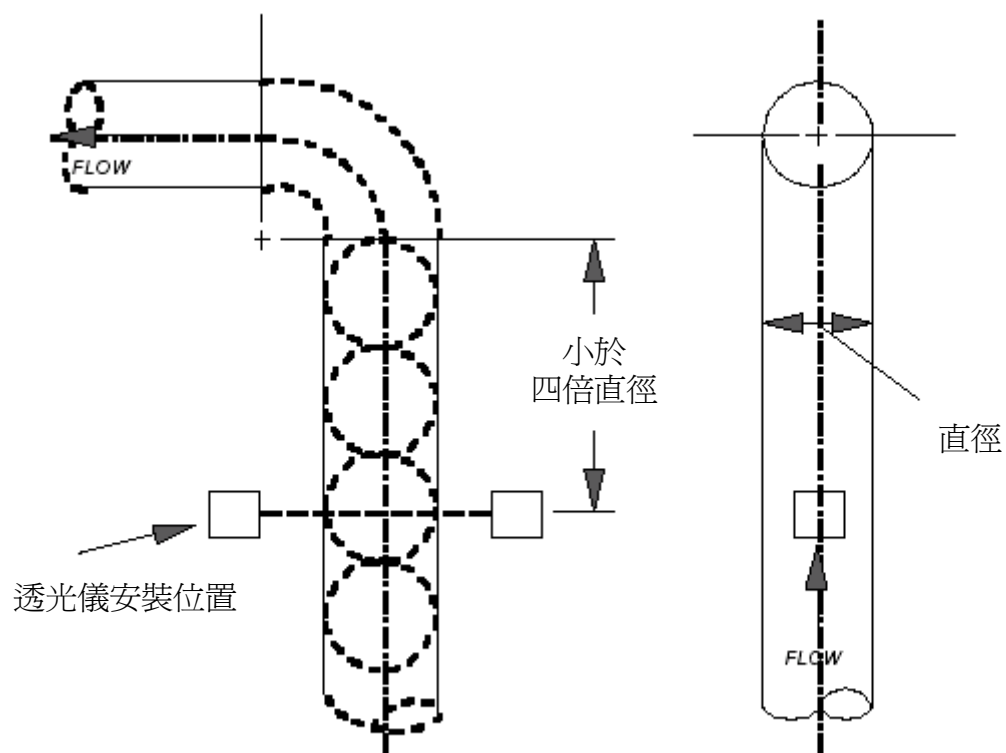
L2：排放口徑長度

D1：L1 光徑之排放氣體不透光率密度(Optical Density)

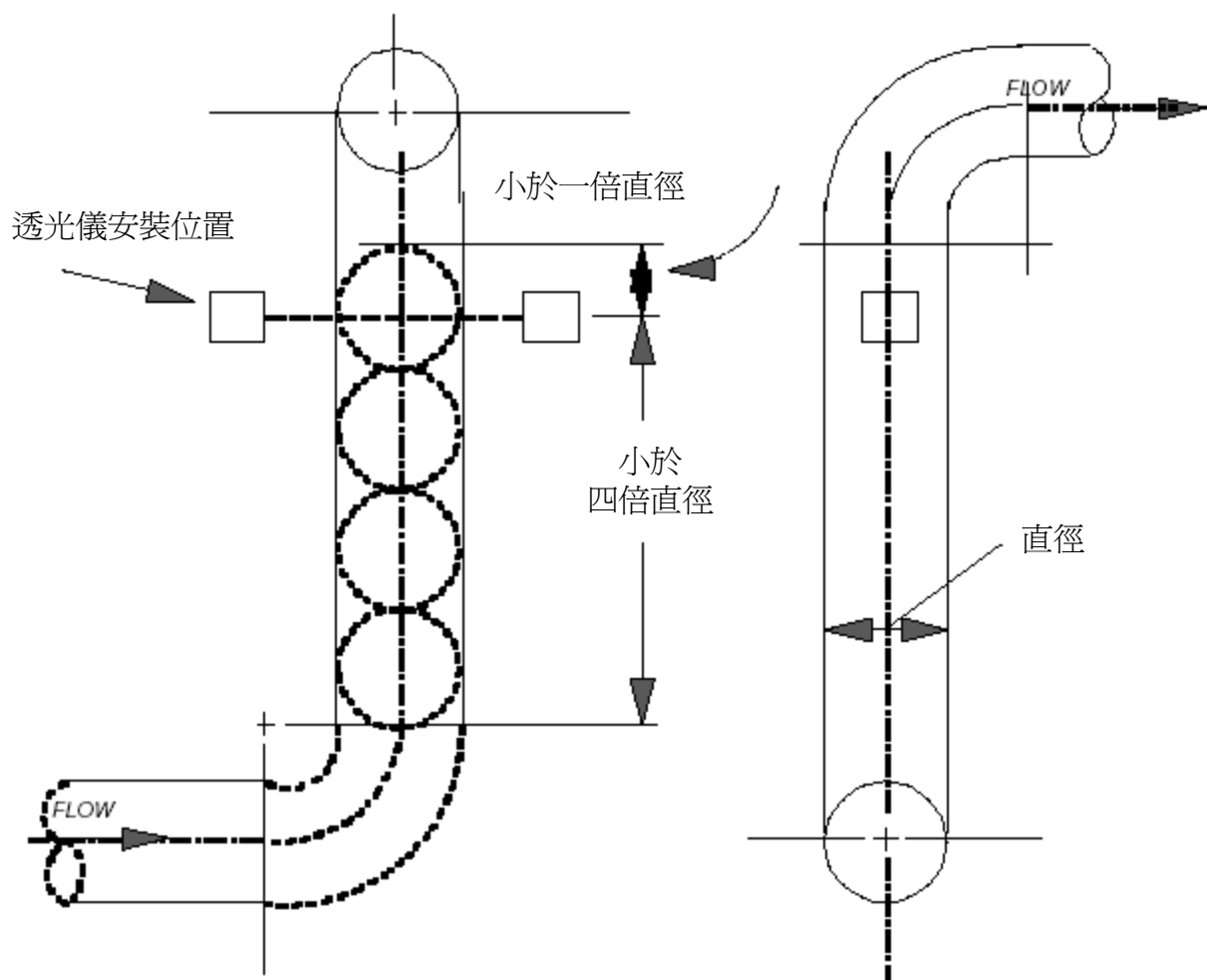
D2：L2 光徑之排放氣體不透光率密度(Optical Density)



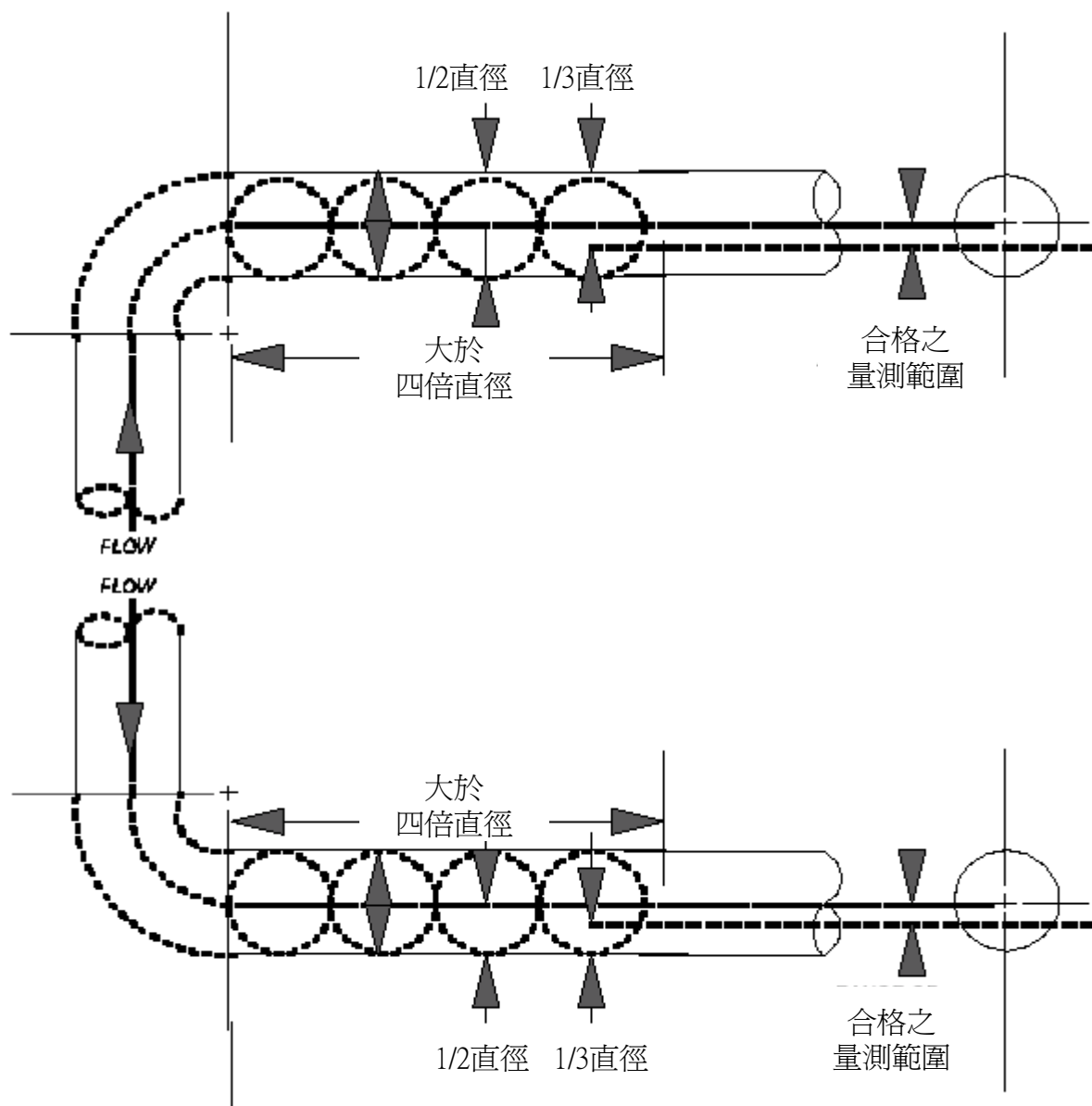
圖一、彎曲段下游垂直流向煙道直流通向煙道安裝位置



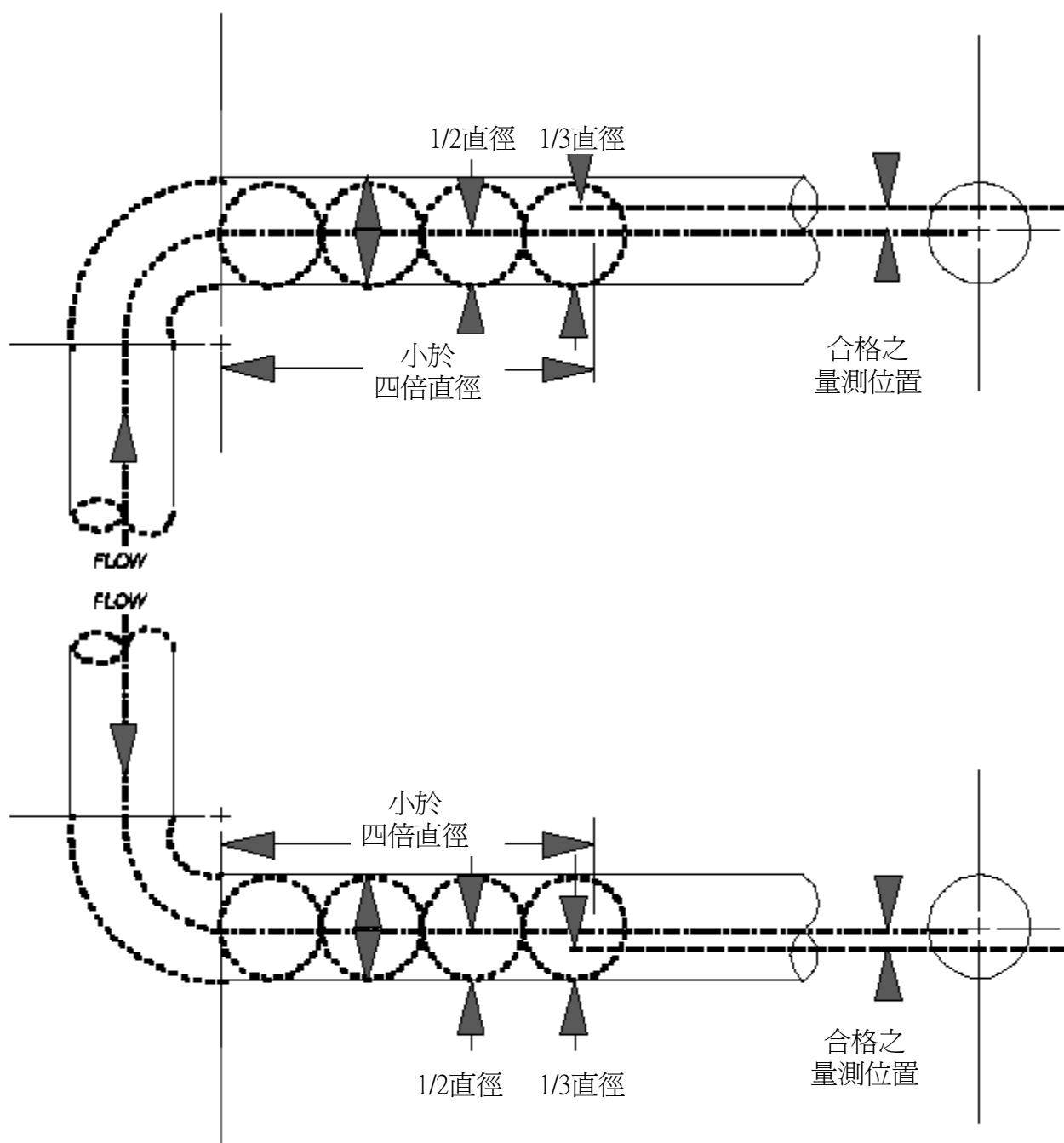
圖二、彎曲段上游垂直流向煙道安裝位置



圖三、二彎曲段之間垂直流向煙道安裝位置



圖四、垂直彎曲段下游四倍直徑以外之水平煙道安裝位置



圖五、垂直彎區段下游四倍直徑以內之水平煙道安裝位置