

# 火力發電廠廠址排煙之景觀模擬

## A Technique For Plume Visualization in Power Plant Siting

作者 S. R. Hayes 譯者 施增惠\*

### 一、前言 (A Forward)

由於能源需求量的增加，美國（特別是西南部地區）需要建立許多大型的火力發電廠。然而美國政府在允許建造一座火力發電廠之前，必須確保其排放之廢煙不致使周遭空氣的品質低於法定的標準。一個新的發電廠不但事先要進行新能源校核<sup>(1)</sup> (New Source Review) 並符合新能源標準<sup>(2)</sup> (New Source Performance Standard) 兩項法令，同時其排煙需不致危害某些原本淨潔地區之空氣品質（尤以聯邦或州立的公園為要）。更甚者，在1977年的清潔空氣修正法案<sup>(3)</sup>中規定新發電廠的排煙不能破壞景觀 (Visibility)，換言之即不可減少既有視域或改變現有大氣的顏色 (Atmospheric Discoloration)。更規定建造整個火力發電廠之前，必須預先評估煙道對人們視感上的衝擊。由於這些要求，火力發電廠煙道的飄散對四周圍環境之視域評估非常重要。

### 二、模擬技巧之說明 (A Description Of The Technique)

假如計畫設計之火力發電廠的煙道擴散形狀及發電廠位置附近地形之幾何形狀等資料能夠事先獲得，某些繁瑣規畫即可用景觀模擬技巧得以完成。所勘選之發電廠廠址應為煙道對人們視感衝擊 (Impact) 最小之處。同時由預估煙道與地形間之可能相互影響關係及運用景觀研擬技巧的優點，可據此設計景觀監測網 (Monitoring Network)。並且與任何煙道中污染物濃度擴散之預測模式聯合，還可利用模擬畫面來評鑑其使用的可行性。然而，人們將如何由景觀上 (Scenic Vistas) 評估所勘選的發電廠其排放煙道所造成周遭環境之視感衝擊呢？到目前為止，煙道之視感影響評估工作均採用間接而且不精確的方法進行。例如，一個人在幾個選擇的觀察點 (Viewing Location) 對某一預設電廠之廠址拍攝照片。未來排煙之幕雲帶 (Envelope) 的評估，通常為概括，並以純粹藝術的手法解釋之。這種方法有很多缺點 (Disadvantages)。第一，它缺乏彈性，觀察者之位置和發電廠的廠址均無法實施

\* 中華顧問工程司水環部工程師

立即變換調整。第二，它缺乏正確性，不能計算出所設計規劃之發電廠在不同排煙情形下所造成之煙道形狀和位置的變動。第三，所費不貲，且需由具地圖學 (Cartography) 及攝影學 (Photography) 訓練背景的專家親身探究各個可能廠址之情形。

本文旨在推述電腦繪圖技巧如何取代傳統評估法之缺點進行煙道視感影響評估。其方法為利用特殊設計之數學模式與電腦繪圖聯合模擬預設發電廠之排煙與廠址附近地形之關係。廠址附近地形之等高線 (Digitized Topographical Data) 等資料可由美國地理測量局<sup>(4)</sup> (U. S. Geological Survey) 獲得。例如，圖一 1 所示，乃美國阿利桑那州佩姬 (Page, Arizona) 西邊50公里見方之地區。

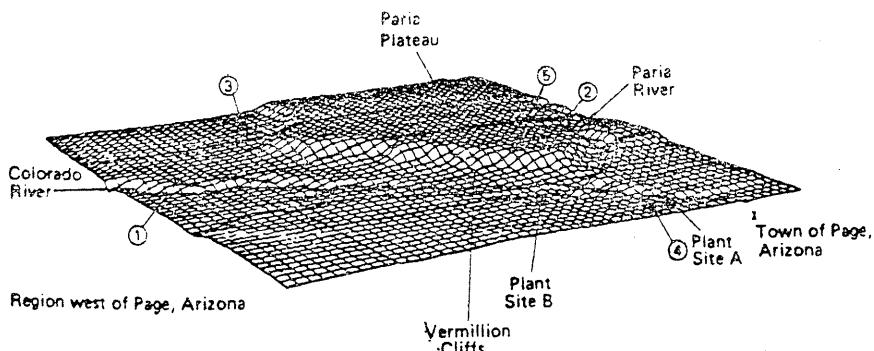
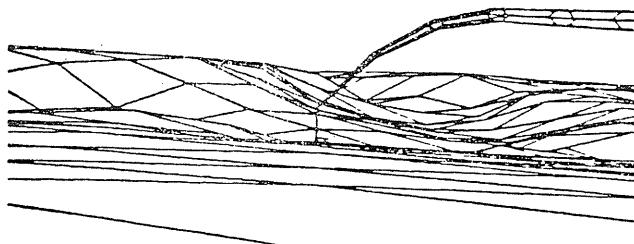


圖 1 模擬廠址與數個觀察地點之數值地形位置圖。每一方格的一邊代表一公里。

預設廠址之廢氣擴散數學模式建立好之後，可將其應用在數值地形 (Digitized Terrain) 資料庫上模擬。發電廠的本身可以由其煙囪之高度、直徑等表示。煙道擴展範圍可用高斯擴散公式<sup>(5)</sup>計算之。高斯擴散公式包含了有煙道上升、發電廠的排煙情況、擴散係數的選擇和大氣狀況等是為顯性關係方程式 (Explicit Relationships) 利用所謂的景象模擬顯示幕 (Conceptual Camera) (一種電腦補助設計畫面解析技巧) 從任何地點、不同方向所觀察到的發電廠排煙情形均可呈現出一如照相機所拍攝到的照片一樣。由文獻<sup>(6,7)</sup> 中所發表的技巧，如能適當建立所欲模擬之發電廠的廢氣排放模式，其景象甚至可如同由照相機利用不同焦距所拍攝到的照片一樣。例如，一個位於計畫廠址 B (見圖 1) 東南方十哩的一個觀察者運用標準鏡頭以五十度仰角所拍攝到的景象就如圖 2-(a) 所示。圖中所表現的是 Pasquill-Gifford 第五類 (Class E) 大氣狀況時煙道的擴散景象。其煙道上升之形狀，與一個大型的燃煤火力發電廠之實際排煙狀況非常相似。觀察者運用一個望遠鏡頭 (Telephoto) 以二十度仰角所拍攝到的排煙情形將如同圖 2-(b) 所示。該技巧之最大優點是從各個不同地點所觀察到之煙道擴散情形可以景象模擬顯示幕而得。圖一 1 當中顯示了許多特殊的地形狀況 (Dominant Terrain Features)，如 Paria 平原、Vermilion 嶺壁、Paria 河和 Colorado 河等。圖一 3 顯示了由景象模擬顯示幕模擬所得到一些有趣觀察景觀。當風由東方吹來，地點 1 之觀察者所看到的廠址 A，即從大理石峽谷尖碑 (Marble Canyon National Monument) 仰視 Colorado 河之情形，如同圖 3-(a) 所示。由地點 2，觀察者可以看到的景象，

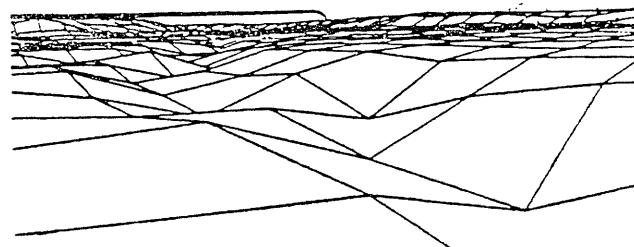


(a)普通鏡頭之拍攝結果。

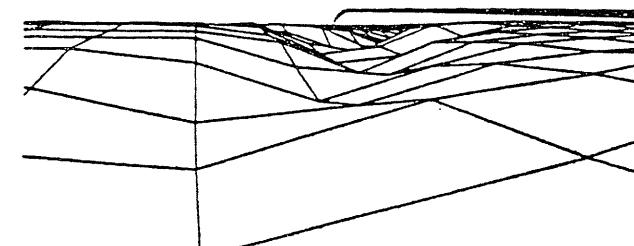


(b)望遠鏡頭之拍攝結果。

圖 2 不同焦距之效果圖（觀察位置在廠址 B 東南方10哩處）。



(a)觀察地點 1 所見之景象（仰視 Colorado 河）。



(b)觀察地點 2 所見之景象（俯視 Paria 河）。

圖 3 數個不同觀察地點觀察廠址 A 之情形。

即由 Cedar 山近 Glen Canyon 國家遊樂區俯視 Paria 河之情形，如同圖 3—(b)所示。

### 三、模擬技巧之應用 (Several Applications Of The Technique)

景象模擬技巧的運用已有實例可查。一般而言必須考慮以下四種情形：①視感模式融合模擬工作之可用性 (Usefulness)，②對未來廠址選擇運用之可彈性 (Flexibility)，③設計監測網之可行性 (Application) 及④評估空氣品質模式圖形模擬結果之可能性 (Ability)。

#### 四、視感模式 (Visibility Modeling)

雖然如圖一 3 中煙道擴散之範圍無法完全顯現出實際對景觀環境上的衝擊，但它確實提供了煙道排放所需之空間資料。如欲了解煙道所造成視界減小或大氣顏色改變對景觀的妨礙，運用模式來模擬清淨和污染後大氣之光學性質<sup>(6)</sup>是必要的。

景象模擬顯示幕不僅有助於觀察煙道在視感上「質的意義」 (Qualitative Sense)，同時也提供了視感模式許多有用的輸入資料 (Inputs)。首先，它提供了煙道的實際幾何形狀 (Insight into Plume Geometry)。再者，更重要的它顯示了煙道與其背景相對照之資料。了解煙道背景之相關資料，如地形、景觀、和背景亮度等，將可更精確的預測出煙道對景觀的影響。

景象模擬顯示幕可用以呈現視感模式 (Visibility Model)，模擬在特殊重要地點觀察某些區域遭受煙道污染而使大氣色度變化<sup>(6)</sup>之畫面。這些顏色的變化可由一些文獻中發表之技巧，藉景象模擬顯示幕展現其綜合煙道和地形景觀的整體畫面。

#### 五、火力發電廠之廠址 (Power Plant Siting)

火力發電廠之設計與座落和發電廠排放之煙道擴散周界有關。不同的大氣狀況或排煙情形可能造成各式各樣的視覺影響。例如圖 4—5 所顯示的例子。圖一 4 是由東南方向觀察廠

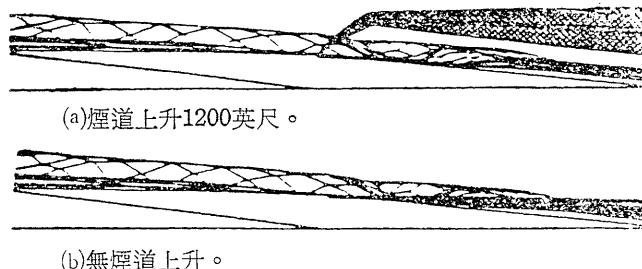


圖 4 兩種狀況下幕雲帶之景象比較。

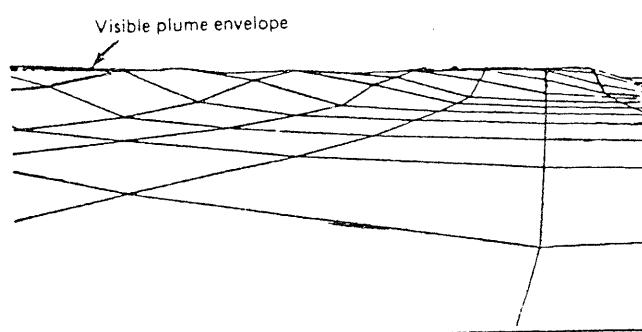
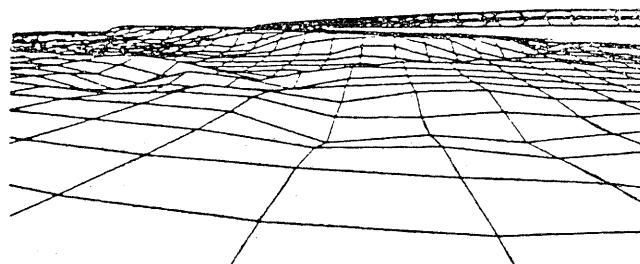


圖 5 觀察地點 5 所見之幕雲帶景象。

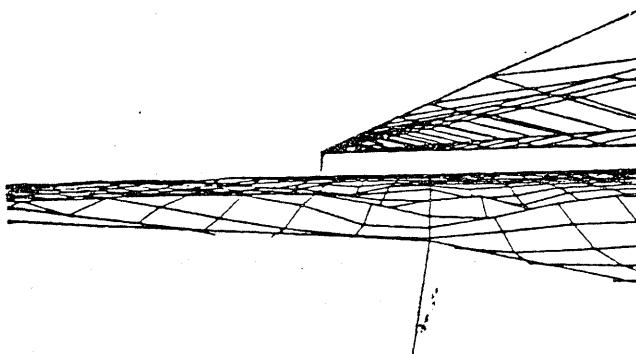
址 B 的情形，此時煙道的周界在煙升起時比沒有浮升時更加强烈影響景觀。假如發電廠之設計排煙 (Design Characteristics) (與煙囪高度、排放物濃度等有關) 和周圍的大氣條件相配合將造成如此明顯的煙道浮升擴散，由觀察者的位置看來，廠址 B 毫無疑問的嚴重影響了景觀。假如這種影響無法被接受，就必須另選擇廠址。類似的情形如 House Rock 山谷 (位置3) 觀察廠址 A 煙道排放之情況，見圖一3所示。視感模式可用來決定由 House Rock 山谷觀察而得之道對景觀的影響是否能為目前的法規所接受？

## 六、監測網路的設計 (Monitoring Network Design)

煙道、地形二者的相互影響，經由「景象模擬顯示幕」的模擬，可以提供更詳細的監測網路設計資料。以考慮建造一個有 150 英尺高煙囪的大型燃煤火力發電廠在廠址 A 為例，見圖一 6。當風由東方吹來，煙道的邊界以一個標準差 (Sigma) 為度，向 Vermilion 懸崖散開。下風偵測地點可能將會產生下列諸項問題：煙道的周界是否侵犯到了懸崖地區？假如是，在那裏？圖一 6 (a) 顯示由廠址 A 的南方向西看，由這個方向很明顯的可以看到煙侵入到懸崖地區。然而由 Vermilion 懸崖的邊緣某特定點觀察（如位於煙道的正下方），景象模擬顯示幕模擬結果顯示，以一個標準差的擴散範圍為準，這種煙道入侵情形並未發生。



(a)由觀察地點 4 西望之景象。



(b)Vermillion懸崖附近靠入侵點 (near-impingement)  
(觀察地點 5) 觀察廠址 A 之景象。

圖 6 煙道入侵之視感校核。風吹往廠址 A 之東北東方  
向所顯示之一個標準差幕雲帶的煙道。

## 七、空氣品質模式的評估 (Air Quality Model Assessment)

發電廠下風處的污染物經常用高斯擴散模式來預測。該預測中的某些重要因素 (Elements) 對預測的結果有非常敏感的影響。例如擴散係數的選擇和煙道浮升計算公式的選擇，每一因子都有好幾個選擇性。經由景象模擬顯示幕，逐一的改變其中之因子，其結果可由畫面圖形檢核之。圖 7 是經由改良 Briggs 公式<sup>(10)</sup> 計算出之 Pasquill-Gifford 大氣穩定度

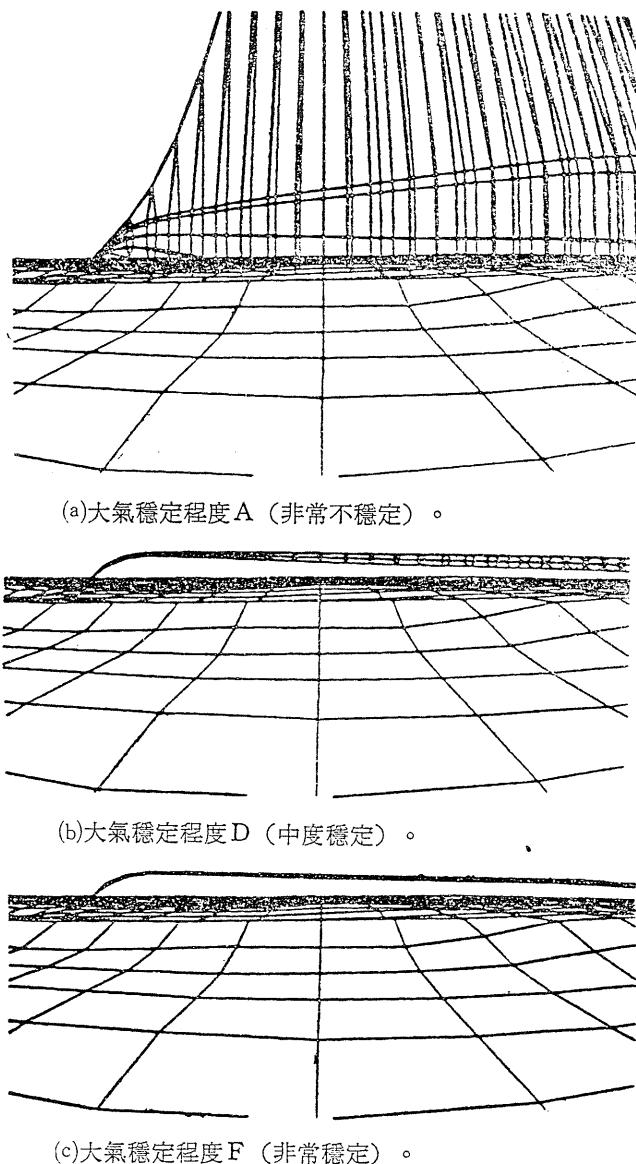


圖 7 不同大氣穩定程度一個標準差之幕雲帶。採用  
Pasquill-Gifford 擴散係數。

A.D.F<sup>(5,9)</sup> 一個標準差之煙道擴散輪廓圖形。對大氣穩定度A而言，煙道擴散的情形顯示出景觀非常惡劣。高斯模式有時應用於模擬煙道在複雜地形之擴散現象。然其模式是否合用，亦可藉由景象模擬顯示幕利用圖解法檢查擴散模式之適用性。

## 八、結論 (Conclusions)

本文旨在描述電腦繪圖模擬技巧在煙道視感模擬之應用。其中對火力發電廠的勘選和設計上的考量亦做了一部份的探討。使用景象模擬顯示幕進行模擬除較便宜外，同時也較方便。其富有彈性之運用方式，不但降低了分析成本，減少了做決定的時間，其模擬結果也較正確，同時預期景象也可以顯現得出。

## 譯 後 語

原文雖然發表之時間較早，然其中許多觀念與作法在今日之環境影響評估 (Environmental Impact Assessment) 技巧上仍有許多可觀之處，故而譯之與關心環境保護之國人同享。

## 參 考 文 獻：

1. Title 40, Code of Federal Regulations § 51.18.
2. Title 40, Code of Federal Regulations §60.
3. Section 128 of Public Law 95-95 amends Title I of the Clean Air Act by adding Part C, Section 169A concerning "visibility protection for Federal Class I areas."
4. "Digital Terrain Tapes," National Cartographic Information Center User Guide, Geological Survey, U. S. Department of the Interior. For information contact the Office of Research and Technical Standards, 519 National Center, Reston, VA.
5. D. B. Turner, "Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates," Public Health Service, U. S. Department of Health, Education, and Welfare, 1969.
6. S. R. Hayes, "Graphics SKYLAB Solar Shadowing Program," Memorandum A3-250-AACL-FK-71-1, McDonnell-Douglas Astronautics Company, Huntington Beach, CA, 1977.
7. B. Kubert, J. Szabo, and S. Guilieri, "The perspective representation of functions of two variables," J. Assoc. Comp. Mach. 15: 193 (1968).
8. D. A. Latimer, et al., "The Development of Mathematical Models for the

- Prediction of Anthropogenic Visibility Impairment," EF78-63AR, Systems Applications, Incorporated, San Rafael, CA 1978.
9. R. W. McMullen, "The change of concentration standard deviations with distance," J. Air Poll. Control Assoc. 25: 1057 (1975).
  10. G. A. Briggs, "Plume Rise," Office of Information Services, U. S. Atomic Energy Commission, Washington, D. C. 1969.