

# 公路隧道機電及交通監控整合研究

研究單位：國立中山大學能源工程研究中心

計畫主持人：楊冠雄

類別：機電

編號：研究報告 054

出版年月：1995 年 1 月

GPN 9124840010

## ◎摘要

本研究主要研究目的在於結合通風及交控等先進技術，並運用數值模擬方式建立隧道通風、交控整合系統之數值分析，以評估實際系統設計與運轉策略之有效性，並增進隧道行車之安全。

計畫之進行可大分為通風系統與交控系統兩大部分，並藉由建立空氣動力 ( Aerodynamic )，交通 ( Traffic )，污染擴散 ( Pollution )，及運轉控制 ( Control ) 等四大模式進行整合。由於此模擬結構各大模式間有強烈的相依性，因此必須進行疊代 ( Iteration ) 以求解。所完成之模擬程式經與日本之實際設計實例比對，結果相當精確，不準度約控制於 3% 至 5% 之內，適合作為實際之工程應用。

本研究同時進行於不同通風系統設計，不同交控策略，不同通風控制週期下之系統運轉模擬，獲致相當優良的成果。並為國內首度提出以十分鐘作為控制週期之自主性數據，對實際之隧道通風與交控系統設計提供重要指標，作出貢獻。

同時，由於程式計算之便利性，可容許設計人員或主管單位直接輸入隧道尺寸( 含彎曲隧道 )、通風系統容量、交通量與交控策略，而對其運轉績效，包含控制污染濃度與耗電量進行預測，使隧道通風與交控工程於設計階段及獲得技術與經濟可行性之數量化評估。

本研究為國內首度經由系統化研究，整合通風與交控系統自行建立完成之數值模擬程式，別具意義。其成果約達日本之水準。另一方面，附加 E.P. 作為縱流式通風系統之設計亦可加以控制並評估，獲致另一突破。

後續研究將繼續朝預測型與智慧型之通風與交控整合策略邁進，以求更臻完善。

## ◎結論與建議

本計劃之主要研究目的在於結合通風、交控等先進技術，並採用數值模擬方式建立隧道通風、交控整合系統之基本架構需求，以增進隧道行車安全。

計劃之執行首先收集整理國內外之相關技術資料，以了解其通風系統與交控系統之分類、特性、設施設置準則及運轉策略。

於交通控制策略方面，首先進行隧道交通特性分析，並建立車流之巨觀分析模式。然後依郊外隧道、市郊隧道及市區隧道等與單向及雙向之情形進行正常運轉、車

道封閉及完全封閉等三種基本運轉狀態之探討。此方面大量引用歐洲大陸公路發達及隧道群管理之先進理論，並就現行運轉中；隧道交控系統進行實例介紹與分析，結合理論與實際，加大其技術可行性。

本計畫進一步依據上述之交控策略，針對不同型式之隧道，在各種不同狀況下，分別規劃具體的交控反應措施，並適當置所需之交控設備，本研究先選 T2 與 T2+2 兩種較常見的隧道進行分析，並擬定隧道偵測與反應程序；包含：隧道現況資料蒐集與分析，事件偵測與確認，事件分類與影響評估，選取並啟動交控因應措施，事件排除並取消交控措施，及資料記錄與儲存，而構成一完整的系統。

通風系統控制策略方面，由於牽涉範圍更形擴大，因此建立四大數值模式以進行整合系統之模擬。第一模式為空氣動力模式，為描述隧道內部氣流與隧道表面粗糙度、自然風速、車流密度、車行速度等之相互數量化關係。此部分係由交通量造成之活塞效應、空氣與隧道內壁之摩擦力、隧道坑口兩端壓力差及噴射風扇之推力依動量不滅法則 ( Conservation of Momentum ) 之組成。本模式與第二模式-交通模式間有相當密切之關聯，因交通模式所量測及預測之交通資料 ( 如車流量、車行速度等 )，能提供空氣動力模式中之活塞效應數據，且亦提供第四模式-污染模式車輛排放廢氣資料；而執行之手段則透過第三模式-控制模式，為送風量之調整與風機之運轉台數控制，以便於正常交通情況下，進行最少台數之運轉以節約能源。

通風運轉模式之設計規範 ( Design Criteria ) 必須於各種變化之交通模式與策略下維持一定的空氣品質 ( 如 CO 與煤煙濃度 )，因此其於時間與空間上之分布及變化則由污染模式所描述。

以上四大模式之間由於有強烈的相依性 ( Dependent )，因此，必須藉由疊代 ( Iteration ) 方式，方足以求稱此複雜之方程組。此工作已於本計劃圓滿完成，並經實際之模擬實例印證，獲致良好之結果。

本模擬程式同時融合上述交控策略使其事件反應所導致之結果充分反應於車速與車流量之變動上。由於上述四大模式之相依性，因此其通風策略與績效 ( Performance ) 亦隨之自行調整，而成為一完整而準確的模擬系統。

為加強本程式於實際工程應用上之實用性，於研究中對通風系統控制週期進行不同硬體設備及不同運轉策略等各種組合之數量化研究。包含以傳統噴射風扇通風系統而不做台數控制，或以進行台數控制，且控制週期為一小時，或以進行風機台數控制，且交通量改變之情況，及最後以實際隧道通車狀況下，交通資料隨時間即時 ( Real Time ) 作線上 ( ON LINE ) 變化之真實情況進行詳細之數值模擬與分析比對，而證實以十分鐘為控制週期的適切性。此項結果亦為我國首度提出此方面重要自主性數據，對於日後實際隧道通風與交控系統整合設計與運轉，提供良好的參考依據。

同時，本計畫共進行五種不同通風系統之隧道案例，進程式模擬，並比較其優劣點。包括，典型噴射風機縱流式通風系統，Saccardo 或風機集中擺置，通風豎井式，通風豎井附噴射風機式，及靜電集塵器 ( E.P. ) 式等系統。模擬結果顯示，以濃度回饋方法來控制通風系統時，易產生追逐現象，而致控制之濃度值超過容許上限。本程式比充分的顯示了此點。

綜合以上之成果，並將模擬之結果與日本之實際設計案例比對，皆維持在相當高

的精確度，誤差皆控制在 3% 至 5% 以內。大抵而言，可達日本目前之設計水準。

本研究進行之 E.P.通風機控制則為一項更新的嘗試並獲致突破。由於 E.P.可大量減少所需豎井個數，尤其於日本、臺灣等柴油車比率較高（約 25%）的國家有極大的發展潛力，本程式則可成功的模擬其不同運轉策略下之績效。

最後，於模擬過程中，所有通風與交控整合運轉策略下之耗電量皆得以完整計算記錄。此重要結果可提供設計工程師及業主一個評估其系統設計有效性的根據，以進行必要之設計或運轉策略修改。因此技術及經濟可行性皆得以兼顧。後續研究更可朝向預測型與智慧型之系統進展，使更臻完善。

