

長隧道通風技術之先期研究

研究單位：私立淡江大學

計畫主持人：許中杰

類別：機電

編號：研究報告 036

出版年月：1994年1月

GPN 9124830815

◎摘要

臺灣東西部受中央山脈隔絕，連貫東西部之交通建設必需仰賴隧道之建設，行政院有鑑於隧道建設之需要及落實國內科技之發展，擬議對隧道興建技術、隧道通風及其它相關問題進行一系列有系統之研究。交通部臺灣區國道新建工程局鑑於興築北宜高速公路坪林隧道通風問題之重要性，便體認到長隧道通風技術之發展包含多方面的工作，而且國內對於此一領域之瞭解與研究相當缺乏，國道新建工程局乃決定先進行研究方向之先期規劃以作為爾後一系列國內研究發展方向之依據與參考。

本計劃主要為研擬國內發展長隧道通風技術進行之技術發展與研究方向之先期規劃。本研究將依：(A) 國內、外長隧道通風技術之文獻探索；(B) 國內車輛污染物之初步推估；(C) 發展方向及策略研擬及其可行性評估；(D) 隧道內空氣動力之初步分析與模擬；與(E) 設計程式與規範之初步建立等五大主題進行研究。於隧道內空氣動力之初步分析與模擬分為：(a) 一維向物理數學數值模式模擬與(b) 簡易型風洞實驗之定性分析。

各研究子題皆完成其預期之結果，並敘述於文內各章節。

◎結論與建議

結論

就本計劃之結論略述如下：

1. 進行國內、外長隧道通風技術之文獻探索根據其研究方法分為數學數值模式法，隧道模型實驗，實場量測，基本理論及概念評估法等五類，並列舉其研究方法與結論於報告內。
2. 進行國內車輛污染物之初步推估，但受國內資料之限制，正確性及適用性應進行後續研究。
3. 發展方向及策略研擬完成並根據其重要性建議分年進行，於各年更依其重要性而以數字區分，數字愈小愈重要；其詳細之研究子題列於本文內。
4. 本研究對於隧道內空氣動力之初步分析與模擬分別進行一維向物理數學數值模式模擬與簡易型風洞實驗之定性分析。一維向物理數學數值模式模擬又分為：
 - (1) 穩態流經驗式參數之推估。

- (2) 半穩態流物理數學模式之推導與數值模式之建立。
- (3) 非穩態流物理數學模式之推導與數值模式之建立。
5. 一維向穩態流經驗式參數與管路學之經驗參數一樣，經驗式以合力差表為流速與經驗參數之函數，而經驗參數包含隧道壁或管壁引起之摩擦損失係數及管道或隧道內之一切微量損失係數，經驗參數並以一般常用圖表列於報告內。
6. 一維向半穩態流物理數學數值模式之模擬結論如下：
 - (1) 愈高速行駛之車輛，於隧道內斷面平均風速一樣時，車行效應引致之壓差愈大。
 - (2) 於定速行駛之車輛，隧道內斷面平均風速愈高時，車行效應引致車行斷面與遠處之壓差亦愈大。
 - (3) 單一隧道內雙向同型單車行駛時，於隧道內斷面平均風速為零時，於任意車速下車行效應引致車行斷面與遠處之壓差亦為零。
 - (4) 單一隧道內雙向同型單車行駛時愈高速之行車，於隧道內斷面平均風速為定值時亦將引起兩車行斷面處之壓差較高。
 - (5) 單一隧道內雙向異型車行駛時，於 C_d^- 大於 C_d^+ 且隧道內斷面平均風速為定值時，愈高速行車引致車行斷面處之壓差愈大，若 C_d^+ 大於 C_d^- 時，則壓差將較小。
 - (6) 考慮於隧道內有多部同向行駛之車子，則因受 C_d 值之不同，應進行實場量測或應用縮尺比例物理模型實驗以求得多車同向同線行駛之 C_d 值。
 - (7) 隧道之大小車混合之比重係數應進行實場監測以求得隧道內行駛之大小車數並求得混合比重係數。
7. 一維向非穩態流物理數學數值模式之模擬結論如下：
 - (1) 於相同車流量時，隧道內之 CO 濃度分佈將嚴重受車速之影響；當車速愈大，隧道內之最大 CO 濃度值較低，而車速較小，則最大 CO 濃度值將偏高。
 - (2) 於低速行車時，隧道內最大 CO 濃度將不受豎井起始吸排濃度相異之影響，但於高速行車時隧道內最大 CO 濃度將隨起始吸排濃度增高而較大。
 - (3) 由於縱向亂流擴散係數 (K_x) 於目前學理上仍無定論，本研究根據 Ohashi 與 Koso (1985) 之表示式而表示為車流量率，隧道類比直徑與行車類比雷諾數之函數。於應用本模式之數值模擬結果知較大亂流擴散係數將造成隧道內之最大 CO 濃度值較低。本研究以 Ohashi 與 Koso (1985) 之 K_x 表示式及其 10 倍值模擬發現應用 10 倍值模擬之隧道內最大 CO 濃度值將為 Ohashi 與 Koso (1985) 之 K_x 表示式模擬之最大 CO 濃度值之 1.5 倍。此一結果將嚴重影響需求通風量及通風設備，因此建議 K_x 之模擬值應儘速作進一步深入的研究。
8. 汽車廢氣之擴散現象受排氣管與噴射風扇相對位置及噴射風扇風速之影響。其結論如下：
 - (1) 借助噴射風扇之推力，車輛廢氣於隧道內可確實達到混合的效果。
 - (2) 汽車位於噴射風扇之上游位置時 (下游風扇對於廢氣呈現吸入效應)，若噴射風扇之風速較小時，汽車排放之污染物向上游之噴流距離將較遠且影響後方之車輛，並於向較高區擴散後才受噴射風扇之軸向動量帶動而往下游遠區

擴散；當風速較大時，廢氣向下游之噴流距離較短，汽車廢氣將被侷限於地面附近造成近地面區域的高濃度廢氣而不利於隧道用路人。

- (3) 若汽車位於噴射風扇之更上游位置時，廢氣擴散現象於定性上並未有很大之改變。因此可知，在下游噴射風扇呈現吸入效應下，汽車與噴射風扇之縱向相對位置對於廢氣之擴散現象未有明顯之差異。
 - (4) 於上游噴射風扇呈現縱向動量帶動作用時，則車輛位置與風扇噴流錐心之相對位置將影響廢氣之擴散。當排氣管位於噴流錐心之內，廢氣直接受噴射風扇軸向動量之帶動而向下游擴散。當噴射風扇之風速較小，廢氣將噴射至後方車輛處且向上擴散之範圍較大；當風速愈大時，則廢氣將侷限在隧道之底部再向下游擴散。
 - (5) 於上游噴射風扇呈現縱向動量帶動作用時，若車輛位於其上游風扇噴流之噴流錐心外，廢氣並不直接受到軸向動量之影響；因此，廢氣排出後之噴射距離較長，即使在較高風速下，廢氣仍噴射至後車，更由於受停滯及逆向迴流效應而向後方及頂方擴散後才受到噴流錐心內動量之帶動而帶往下游。
9. 因本計劃僅為國內發展長隧道通風技術研究之先期規劃，受國內有限之參數資料之限制（例如車輛年份，車輛數，車輛排放物及其與隧道高程，坡度與速度之修正係數），目前本研究僅可進行設計程式之初步建立，至於規範之建立則需賴爾後整體計劃執行完成後再予建立。
 10. 本計劃研究羣於研究期間至奧地利及日本進行考察訪問，心得收穫豐富，考察訪問之心得請見附錄一。

