

北宜高速公路雪山隧道行車安全概述

張文城 曹嘉永

摘要

北宜高速公路雪山隧道係穿越臺灣北部雪山山脈，長達 12.9 公里之雙孔單向雙車道高速公路隧道，為未來台北到宜蘭之主要交通孔道。雪山隧道內各項系統除提供平時用路人於隧道內舒適安全行車環境及營運單位交通管理功能外，更利用壅塞偵測、事件自動偵測及人員通報等方式，及早獲知事故或災害事件，提供人員緊急逃生、交通管理應變及救援之需求。本篇報告僅針對通風、火警偵測及消防系統如何達成預期之行車安全功能及需求作一簡要概述。

一、前言

長隧道對於用路人而言，會產生密室效應，經常產生莫名的壓迫感，而災害發生時，其密閉空間造成之危害更是嚴重，且對於救援之施予，其困難度也高，因此對於行車安全之需求亦與一般路段有所不同，為使雪山隧道能成為世界級之安全隧道，設計規劃上致力於建立更良好的軟硬體環境，提供完善的通風、火警偵測及消防設施之運作，並訂定完善的災害應變及救援程序，提供逃生、應變及救援需求，減少生命財產損失。

二、工程概述及安全設計理念

2.1 工程概述

雪山隧道長度約 12.93 公里，為分離之雙孔隧道，每孔隧道為單向之雙車道瀝青混凝土柔性路面。每一車道寬 3.5 公尺，行車淨高 4.6 公尺，隧道斷面積為 56.6m²。全線共設三處通風豎井，每處設新鮮空氣進氣豎井及廢氣排出豎井各一座，兩豎井前後相距為 50 公尺。此外，為使兩隧道分區形成通風循環網路，以提高通風效果，另設置三處通風中繼站。主隧道車道下方有一管線廊道（亦為通風廊道），供電力、通訊及控制線路使用及機房供氣系統之風道。另兩主隧道間每 350 公尺設置乙座可供百人以上避難之橫向人行聯絡隧道，共 28 座，每 1400 公尺設置乙座橫向車行聯絡隧道，共 8 座，可供各型大小車輛緊急疏散及維修救助之用。此外平行於主隧道，位於人/車行聯絡隧道下方有一導坑，直徑 4.8 公尺，供維護、救災及逃生等用途，亦為機房供氣系統之風道，並設有人行樓梯，用於人/車行聯絡隧道與導坑之連通（圖一）。

雪山隧道全線設置下列安全設施：每隔 50 公尺設消防栓一處；每隔 175 公尺設緊急聯絡電話一處；每隔 1400 公尺於車行聯絡隧道之對面主隧道之外側設置長 45 公尺之緊急停車彎一處；於行車方向左側設有逃生指示標誌及聯絡道出口指示標誌，並於人行步道上 50 公分每隔 50 公尺設有火警緊急照明燈一只。



圖一 雪山隧道透視圖

2.2 安全設計理念

公路隧道具有行車空間封閉性，若因各種事故發生火災時，在隧道內所產生之高溫(常高達攝氏 1000 度)及濃煙，可能引發重大之死傷，並使得消防救災人員無法進入及接近起火點。故完善的公路隧道安全設施及災害事故發生時之初期處置行為是降低事故嚴重性之重要因素。

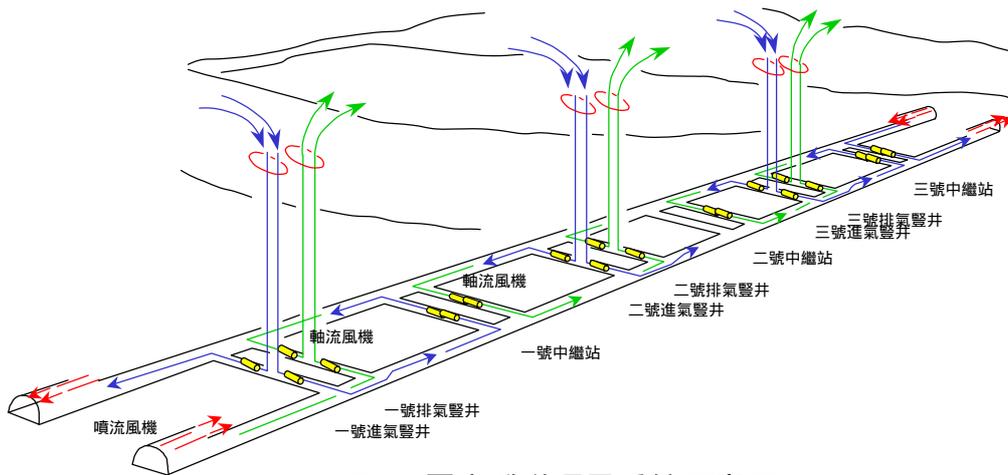
雪山隧道採用雙孔單向行車配合導坑隧道救援並限制載運危險品車輛(含空車)行駛，使行車風險降至最低(近年國外長隧道事故多屬單孔雙向行車設計)。兩主隧道間共構建 28 條人行聯絡隧道及 8 條車行聯絡隧道，並另施築一縱向導坑隧道供主隧道維修及緊急救助避難之用，形成國內公路隧道首見之多向緊急逃生避難路網。另於雪山隧道北口交流道附近設置坪林行控中心，負責監控隧道內路況，各種事件發生時控制中心能透過閉路電視事件鎖定功能監視現場狀況、透過隧道廣播系統進行撥音，並依標準作業程序迅速採取有效的應變措施及指揮任務。

三、通風系統概述

雪山隧道採加強縱流式通風系統，設置三組通風站及三組通風中繼站。每組通風站設置進、排氣豎井各一座，新鮮空氣由進氣井引入隧道，稀釋隧道汽車之排放廢氣及煙塵，污濁空氣再經由排氣井排出。又當一孔隧道內污染度高於另一孔隧道很多時，通風中繼站即進行兩孔隧道空氣交換，使新鮮空氣由進氣井經通風中繼站至排氣井之路徑中，經過一半污染度高及一半污染度低之隧道環境；如此，藉由交換兩孔隧道空氣，以降低單孔隧道通風所需之龐大通風負荷。此外，隧道兩端機房內亦設有大型軸流式風機，經由主隧道下方之廊道供應新鮮空氣至

人、車行聯絡隧道，使其與主線維持相對正壓，確保隧道主線發生火警時，濃煙不致流入人、車行聯絡隧道，以維避難人員安全，同時提供新鮮空氣至導坑供救災之用。

本隧道通風系統為全自動電腦控制，分為正常運轉、塞車運轉、緊急運轉、停電運轉、維修運轉等共 56 種通風模式，並與交控系統整合，經由監控系統輸入交通資料及現場之回授數據，以變頻器調整風機風量，將空氣品質快速經濟的控制，在安全標準範圍內。隧道內發生意外事故時，將與交通號誌連動並啟動預設事件處理程式，管制交通流量或封閉隧道，以確保用路人、車安全。



圖二 雪山隧道通風系統示意圖

四、火警偵測系統概述

雪山隧道中主隧道、管線廊道、人 / 車行聯絡隧道、豎井、隧道洞口及隧道內各機房均依相關法規及場所特性設置火警偵測系統，其中主隧道與管線廊道之火警分區係依隧道線形，並配合聯絡隧道彼此間或聯絡隧道與洞口間之主隧道間距，視為一火警分區，一般約為每 350 公尺。

雪山隧道沿主隧道全線設置火警偵測器，以自動偵測隧道內發生之火災，火災警報訊息經火警受信總機自動移報至機電監控電腦，除由機電監控電腦自動進行機電設備之應變措施外，並將火警訊息傳送至交控系統及行控中心，由交控系統自動進行相關交控策略，同時，行控中心管理人員則進行相關通報及救災措施。

五、消防系統概述

雪山隧道隧道內每隔 50 公尺設置乙具消防栓箱，主要內含 2 具 20 磅 ABC 乾粉滅火器、口徑 40 消防栓與消防水帶（出水量 130L/min，供用路人使用）、口徑 65 消防栓（出水量 400L/min，供消防隊專用）、水柱、水霧兩用瞄子、火警綜合盤等，當主隧道及隧道機房發生火災時，提供用路人初期滅火及消防單位引接水源滅火使用。

消防用水係引用自來水至坪林行控中心地下室之 1000 噸水槽，再以加壓泵加壓經北勢溪橋進入雪山隧道北洞口機房之蓄水池，由消防泵浦以直徑 150

消防幹管經管線廊道輸送至每具消防栓箱附近,再以支管引接。由於雪山隧道為由坪林往頭城方向下坡路段,故隧道消防用水池設置於雪山隧道北洞口機房內,如此可減少消防泵所需揚程,易達設計消防栓出水壓力。

六、應變機制

目前雪山隧道規劃之事故應變救援機制包括有工務段(頭城與坪控)、公路警察隊(坪控駐警與頭城分隊)及地方(礁溪與坪林)消防分隊與醫療單位。其中頭城與坪控工務段至隧道口分別需時 3 分鐘及 1.5 分鐘,礁溪與坪林地方消防分隊至隧道口分別需時 8 分鐘及 2.5 分鐘,遇有火警事故偵知時,第一時間由工務段消防水車先行前往,並通知地方消防分隊待命支援。若救援單位無法順向到達現場時,可由事故隧道逆向進入(無濃煙時),或由非事故隧道經車行聯絡隧道到達事故現場。萬一雙向隧道皆已堵塞時,可以小型車輛載運消防隊員經導坑到達現場,並使用消防栓箱進行滅火或救援任務。事故救援路徑皆由坪控中心依現場交通狀況指揮或提供給現場指揮官參考。此外醫療單位原則以非事故隧道及導坑接近現場並後送傷患。

七、結論及建議

雪山隧道通風及逃生系統屬世界最先進之設計,在國工局監督施工下,有信心提供全國用路人安全無虞的行車環境。

目前奧地利、瑞士、日本等國隧道施工經驗已臻成熟,建議工程師能多多參與相關隧道設施考察及國際隧道安全防災與救援之研討會,吸取寶貴的經驗,再配合國內用路人行車習慣及環境加以適當的調整隧道內設施設置,期能在經濟與效益上尋求最佳的軟硬體環境。

參考文獻

1. 北宜高速公路計畫第七-E 標工程(坪林頭城段機電工程)特訂條款。
2. 北宜高速公路坪林蘇澳段第 F501 標交通控制系統工程特訂條款。