第二十五章

搶救長公路隧道火災安全指導原則

指導原則預計達成目標

本指導原則內容屬消防人員教育訓練教材性質，目的在於提供各級消防機關指導消防人員注意救災安全之用。

長公路隧道本身構成封閉環境特性，在災害事故發生時，對消防人員，也是一項極為艱鉅困難之救援任務，針對此點，特別訂定本指導原則，希望藉此使消防人員能在執行長公路隧道救援任務上，能夠有依循指導標準，俾使救援任務能夠更順利完成，強化隧道救災效能，進而確保用路人之生命安全，另使進入隧道救災同仁瞭解應注意搶救安全，進而確保救災同仁安全。

所有搶救行動，應衡酌搶救目的與救災風險後，採取適當之搶救作為；如確認無人命需救援、疏散或受災民眾已無生還可能，得不執行危險性救災行動。

指導原則摘要

一、前言

二、災害特性

三、災害歷史案例

四、安全注意事項

五、結語

指導原則本文

一、前言

長公路隧道是一條因應地形而設計之特殊空間地形而設計之特殊空間，是密閉化、地下化等特性，在公路交通管理及各項救災工作與一般道路不同。當長公路隧道內因各種事故導致發生火災時，因其特殊之環境特性，使得現場火勢的高溫超過攝氏 1000 度，造成部分隧道結構體及設備毀損，並阻礙初期的救災執行，更可能發展

成重大災害之危險性。

長公路隧道為提供大眾使用的公路，是屬於封閉的空間，一旦發生災害事故，最容易引起嚴重傷亡。由於國內經濟發展快速成長，國民的生活水準提升，民眾對於「行」的便捷有其迫切需求，公路運輸系統拓建仍為時勢所需，政府為因應需求之下，而有了全島高（快）速公路網之建設。且由於台灣地區面積多山，約 74%屬山岳地形，海拔超過 3000 公尺的山峰，總計有 130 餘座之多，因此高（快）速公路網的闢建，將無法避免穿越山區而以隧道之型態出現。為因應此特殊形態之災害搶救及讓消防人員更瞭解搶救應注意事項，特訂定本指導原則。

本指導原則無法涵蓋之特殊情況（非正常環境）下，現場人員應發揮其專業評估判斷，綜整人、事、時、地、物之整體情況，作最適時適切之反應處置。

二、災害特性

長隧道發生火災意外事故時，有別於開放性路面的各種不利救災之危害境況：

（一）聯絡困難

用路人如何利用緊急電話迅速與消防人員取得聯繫之機制或強化隧道內無線電或行動電話使用機能之通訊設施為今後長公路隧道之重要課題。

（二）狀況不明

事故發生初期雖可藉偵測設備取得初步訊息，但隨時間發展，部分偵測設備可能遭受損壞或造成功能喪失，以致外界救人員無法完整掌握現場災情發展。

（三）救援急迫性

長公路隧道發生重大事故除造成交通阻塞外，亦會導致隧道內部廢氣量激增及溫度升高等情形，而造成車輛內駕駛人或乘客身體之傷害，進而引發二次災害，故隧道事故救援具有急迫性。

（四）進入搶救困難、可及性低

長公路隧道發生事故時，因聯外開口有限，消防人員進入不易，僅能利用預設之導坑或橫坑等迂迴進入；或者用路人依平日安全宣導停靠道路兩側，讓出中間通道供救災車輛通行。

（五）濃煙大、溫度高

隧道內一旦發生火災，由於隧道內側空間狹小，近似密閉空間狀態，無法進行自然排煙，因此燃燒所產生的煙霧及熱氣不易散發而急速瀰漫，有延燒之危險性，且大量濃煙常遮蔽視訊監測設備之視野，以致無法發揮災情監控功能；另外，因隧道新鮮外氣供給受限，致有因不完全燃燒而產生有害氣體及缺氧可能性。除此之外，火勢所產生之高溫常造成隧道內部照明設備之破壞導致能見度降低外，更可能進而導致隧道本體結構之燒毀崩塌，增加人員避難逃生之困難性。

（六）疏散及避難困難

隧道內部橫斷面及道路矮窄狹小，發生火災時因上游車輛前後緊連，導致人員、車輛疏散困難。隧道內雖設置有車行聯絡隧道，但根據過去發生的火災經驗來看，要疏散火點後方的車輛幾不可能。且車輛皆有油箱，因此火勢在車輛間蔓延將非常迅速，以致救災不易。

（七）救災不易

火災時隧道內高溫及熱氣濃煙充塞，逃生及滅火活動受到阻礙且消防人員因缺乏順暢的救災道路，以致難以接近火點撲救，尤其當火勢係發生於長隧道中心一帶區域時，即使從隧道口或利用避難聯絡隧道進攻火災現場亦將長達數百公尺或更遠距離，加上缺乏照明設備、在高溫、濃煙、熱氣、缺氧之惡劣狀況下，搶救更顯困難。

三、災害歷史案例

(一)發生時間：101 年 5 月 7 日

(二)發生地點：雪山隧道南下〇公里處

(三)現場概況：

坪林行控中心通報，於雪山隧道南下〇公里處有車輛火災狀況發生，並通報雪山隧道內約 19 至 23 公里處有車輛停靠兩側路旁，消防局出動 65 名消防人員、各式消防車 23 輛前往救災。轄區雪山及坪林分隊到達隧道口發現煙層已下降至隧道約 1/3 高度，立即迅速抵達現場，第一時間並未發現車上有受困人員，消防人員沿車道中線部署水線滅火並架設光纖照明索提供火場照明，火勢於抵達現場後歷經 8 分鐘搶救完全熄滅，再次搜索後發現大客車底下有 2 具罹難大體。災害最後造成 2 部車輛全毀，2 名民眾（1 男 1 女）死亡。(如圖 1 至圖 5)

(四)人員傷亡情形：民眾 2 人死亡、31 人受傷。

(五)案例檢討：

1、建立複式通訊機制

起火車輛擴大延燒時，可能將隧道本體所配置之無線電漏波電纜燒斷，使隧道內救災通訊指揮中斷，消防人員可考慮使用行動電話聯絡，並由所屬救災救護指揮中心進行多方通話，避免降低救災指揮及通訊效能，建議業務單位購置無線電通訊輔助設備，提供救災單位使用並整合各救援單位無線電通訊頻道（如：UHF 或 VHF)。

2、導入專業訓練學者、專家

雪山隧道為臺灣第一之長公路隧道，隧道救災需求較為特殊，包含專門設計之救災消防車、排煙車及空氣呼吸器等專業裝備與救災知識。建請業務單位聘請專業長公路隧道學者、專家定期授課，汲取國內外長公路隧道救災新知，以提高搶救效能。



圖 1：雪山隧道火警現場示意圖



圖 2：雪山隧道火警現場燃燒狀



圖 3：雪山隧道火警現場燃燒狀況

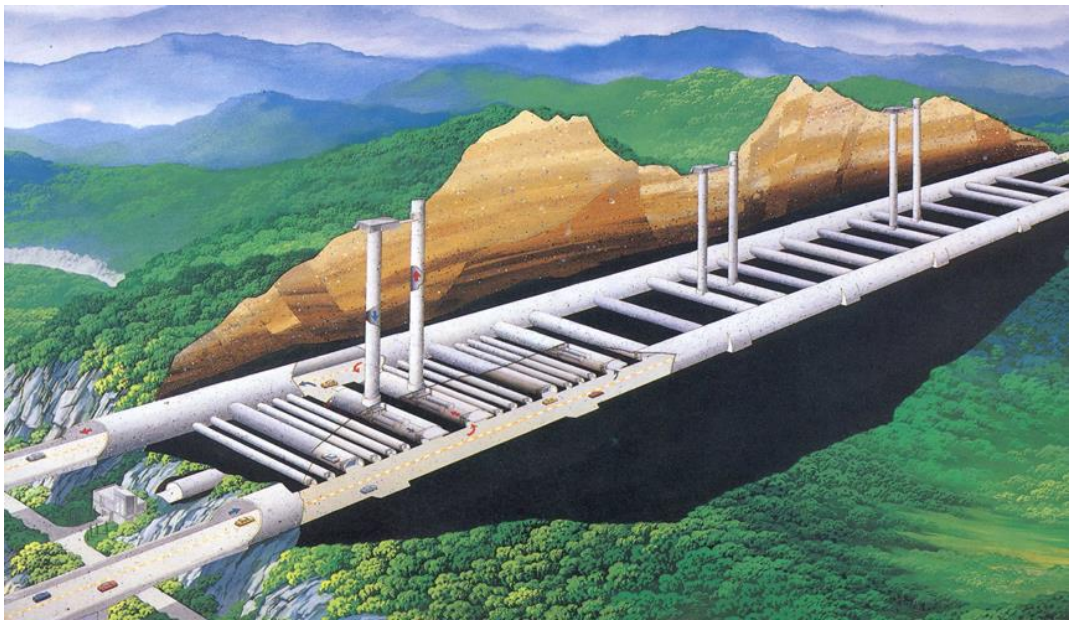


圖 4：雪山隧道甲種圖

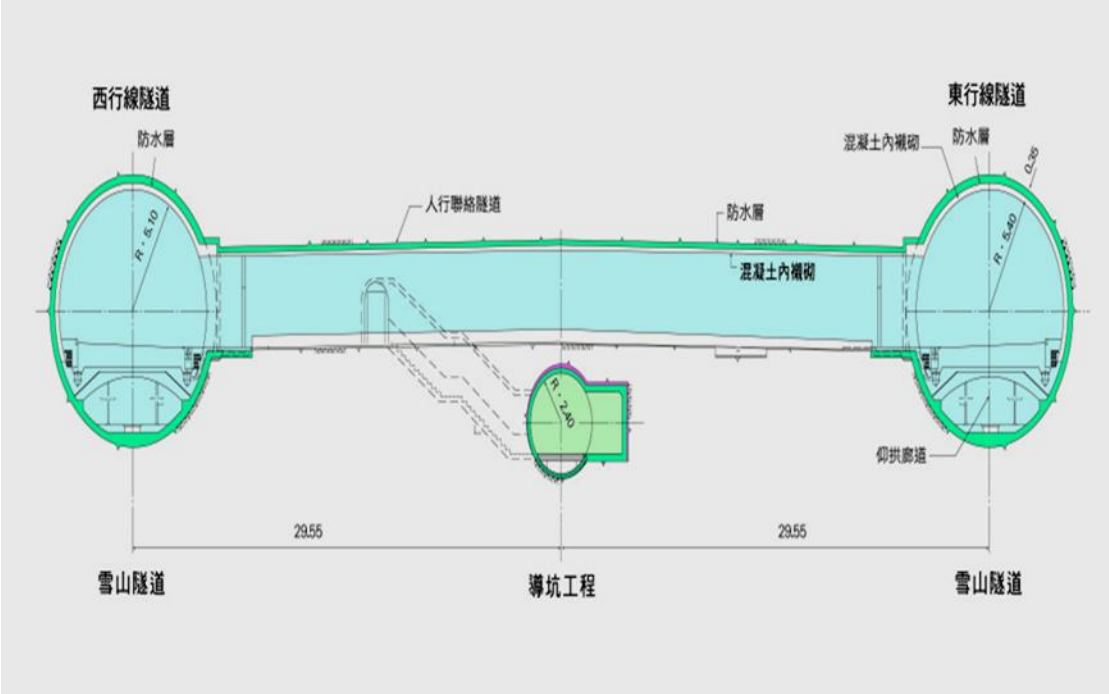


圖 5：雪山隧道乙種圖

四、安全注意事項

(一) 進入前注意事項

1、進入搶救人員之要件

進入隧道搶救之人員應係瞭解該隧道空間狀況且曾參與搶救演練之人員，否則不宜貿然進入搶救。

2、瞭解空間特性及設施設備

每個長公路隧道都有不同之空間特性及設施設備，消防機關平時應與轄區內公路隧道管理單位保持密切聯繫，做好通訊整合機制定期測試以保持暢通，並詳閱該隧道防救災應變計畫、消防安全設備配置圖、配合演習訓練，以瞭解其內部結構、救援應變標準作業程序及救援動線規劃情形，爭取救援時效並發揮最大戰力。

3、選擇救災路線

救災救護指揮中心接獲通報，應隨時與隧道行控中心確認事故現場狀況，請其提供相關情資（進入路徑及時機），同時派遣消防人員、車輛前往搶救，並於消防人員車輛趕往隧道途中指導其優先選擇隧道行控中心人員建議或防救災應變計畫所規劃之救災路線。

4、善用橫坑及導坑

如隧道為雙孔設置且中間有聯絡隧道，而消防人員欲將車輛駛近事故地點時，可利用對向及車行聯絡隧道後再下車或通過人行聯絡道進行救災，以節省體力延長個人作戰時間；另當隧道設有導坑時，亦可善加利用以增加救援管道。

5、進駐行控中心及成立火場指揮中心

當隧道內有重大災情發生時，消防機關除可派員進駐行控中心及隧道外側指揮中心外，亦得視需要在對向隧道或車(人)行聯絡隧道設置前進指揮所以掌握現場狀況，並應做好防止火煙侵襲之措施，以確保環境安全。

6、行控中心確認後進入

消防車輛、人員如需進入隧道時，應先請行控中心利用CCTV、隧道管理單位在隧道內執勤人員或其他監控設備研判現場環境條件，經行控中心認可方可進入，以確保消防人員、車輛之安全。

7、評估是否須進入，並預劃脫離路線

依據危險性救災行動認定標準規定，現場消防指揮人員應評估充分綜合分析研判，災害現場無人命危害之虞，不執行危險性救災行動時，應改採其他適當之搶救作為，並向救災救護指揮中心回報。倘若有進入之必要，進入隧道或導坑車輛人員，預劃第一時間能迅速脫離之路線。

(二) 進入後注意事項

1、善用隧道內設施設備

隧道火災搶救應善用隧道內設施設備(如：軸流式通風、豎井通風設備、水霧設備等)，消防人員車輛裝備所能進行的搶救作為實屬有限。

2、擬定部署、搶救及排煙方向

(1) 單口隧道

單方向車道搶救部署、順向排煙、順向搶救：消防指揮人員應考量隧道內部排煙情形指定消防人員進入方向，掌握「順向排煙、順向搶救」原則，避免兩側射水而產生互撞，並要求下風處（排煙區）之單位避免進入

隧道內。另車輛部署在單側車道，另車道供連絡、補給運輸及緊急撤離使用。

（2）雙口隧道

雙方向車道搶救部署、順向排煙、順向搶救：消防指揮人員應考量隧道內部排煙情形指定消防人員進入方向，掌握「順向排煙、順向搶救」原則，避免兩側射水而產生互撞，並要求下風處（排煙區）之單位避免進入隧道內。另車輛部署在單側車道，另車道供連絡、補給運輸及緊急撤離使用。

3、啟動內部防救災設備

消防人員抵達隧道時，應先從洞口前方觀察隧道內火煙流竄情形以研判後續救援方式，並得要求管理單位人員陪同進入協助啟動內部防救災設備，以期安全迅速抵達事故現場。

4、穿著完整個人防護裝備（含空氣呼吸器）

消防人員（含駕駛）皆需穿著消防衣帽鞋並配戴空氣呼吸器，必要時攜帶氧氣、一氧化碳及可燃性氣體偵測器，確認無誤後方可進入隧道救災，並隨時檢視自身空氣瓶量具有能及時返回安全處所之存量；若須長時間救災考量，可搭配循環式（長效型）空氣呼吸器延長使用時間。另消防指揮人員亦應成立人員裝備管制站，以掌握進入隧道人數與空氣瓶使用情形，俾即時提供協助。

5、確認排煙方向

先確認行控中心通風及排煙運轉情形及方向、隧道高低差及當地季風方向，並由指揮官依戰術指揮決策進入部署。

6、進入逆向隧道之安全確認

進入逆向隧道部署車輛，應確認對向端已管制及剩餘車流均已疏導完畢。

7、注意行車安全及車道保留充分空間

消防車輛進入隧道時，應保持警示燈、大燈及霧燈常開狀況，並維持適當行車速率及安全距離，以避免駕駛人員視線因濃煙阻礙或濃煙造成前方或己方車輛熄火而發生追撞；

另消防車輛停放於隧道內亦應同邊停放，為車道保留充分空間，避免停滿救災車輛，以利進行搶救，並確保人員緊急撤退之通路。

8、善用消防栓箱與緊急電話

對於隧道內既有消防栓箱與緊急電話應善加利用，以提昇整體救援成效。

9、水線交互掩護及隧道排煙

消防人員執行滅火排煙工作時應佈 2 線水線分別以直線及噴霧射水相互掩護前進，如有需要，配合行控中心排煙方向輔助排煙，並隨時注意周遭隧道結構是否有崩塌（含混凝土爆裂及掉落）、路面柏油軟（熔）化及閃燃（Flashover）等危險現象發生。

10、水線部署要領

長距離部署水線，主線先部署出水再處理分線出水。水線出水前應先預留 15 公尺以上之水帶。

11、攜帶移動式滅火設備

為防止可能發生油類外漏回火現象，除水線防護外，宜攜帶滅火器或泡沫等適當滅火設備。

12、加強照明

隧道因屬縱深極長之密閉空間，消防機關應善用各式照明裝備器材以提供現場必要之照明，並從救災動線入口沿線舖設照明繩索以指引消防人員撤退方向。

13、保持安全門關閉

部署或引導逃生經過安全門均應隨即關閉，避免濃煙、溫度竄流。

14、編組輪替

消防人員執行隧道救災工作應事先編組並輪番更替進入，避免因工作時間過長致體力耗損過量而發生危險。

15、注意氣量供應

消防人員執行隧道救災工作應視深入火場之距離，評估是否攜帶額外氣瓶，並隨時評估自身氣瓶氣量及體能負擔，

於殘壓警報響起前，提早撤離火場或更換氣瓶，以避免危險。另空壓車停放位置應選擇無汙染空氣處所。

16、 用路人避難引導

考量隧道內發生火災時，將形成昏暗環境，為避免民眾避難逃生與救災動線產生衝突，須妥善規劃民眾避難之動向。

五、結語

當長公路隧道發生重大事故時，雖發生初期可藉由偵測設備取得隧道內訊息，但隨時間發展，部分偵測設備可能遭受損壞或造成功能喪失，以致外界救援人員無法完整掌握現場災情發展。且隧道內一旦發生火災，由於隧道內近似密閉空間狀態，此時隧道內充滿高溫及熱氣濃煙，逃生及滅火行動受到阻礙，且消防人員因缺乏多方位救援路線，以致難以接近火點撲救，加上照明及監視設備無法發揮功效，在高溫、濃煙、熱氣、缺氧之惡劣狀況下，搶救將更顯困難，因此除了平時的體能鍛鍊及搶救演練外，重點在於瞭解個別長公路隧道的空間特性及設施設備等，然後才能決定搶救部署及救災動線等消防戰術之運用，且進入隧道搶救之人員應係了解該隧道空間狀況且曾參與搶救演練之人員，否則貿然進入搶救可能有安全之疑慮，而本安全指導原則是訂定一般性通用性之指導原則，但是長公路隧道均不盡相同，這個特殊性仍應視現場狀況而有所應變，望此安全指導原則有助提增消防人員安全。

參考文獻：

1. 交通部，公路事故暨整體防救災應變計畫。
2. 交通安全入口網－長隧道的逃生要領，http：//168.motc.gov.tw/GIPSite/wSite/ct?xItem=38319&ctNode=1491&mp=2。
3. 新北市政府，為辦理大客車通行雪山隧道火災預防措施作為。
4. 蔡揮政，高速公路隧道事故處理標準作業程序之研究。
5. 王進輝，公路隧道運送危險物品之風險研究。
6. 張榮助，長公路隧道火災事故救援作業規劃之研究-以北宜高速

公路雪山隧道為對象。

7. 坪林行控中心，雪山隧道自衛消防編組隊。
8. 消防法第 20 條之 1。
9. 內政部消防署，危險性救災行動認定標準。