

雪山隧道機電工程

國道新建工程局設施組 李宏徹 組長
宋治青 副組長
楊啟榮 科長
陳可賀副工程司

1. 前言

國道 5 號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，為將來溝通台北到宜蘭之主要交通孔道。雪山隧道除土木結構主體工程外，尚包括機電安全設施工程，機電安全設施平時可提供用路人於隧道內舒適安全行車環境，如遇壅塞或火災事件時，可由空氣品質或火警偵測系統偵測器自動偵知，儘早獲知事故或災害事件，及時執行緊急應變策略，俾利用路人緊急逃生，以及供營運管理單位執行交通管理及緊急救援之需。

雪山隧道機電工程主要包括電力系統、隧道照明、道路照明、隧道火警偵測系統、消防系統、隧道通風及機房空調系統、監控系統、門禁管制系統、機房給排水系統及吊車設備、地磅設備等項目。雪山隧道機電工程施作範圍幅員廣闊達十多公里，需配合土木進度循序進場施作，其工作項目種類及數量多且繁複，各子系統間需予密切整合，方能發揮整體隧道機電系統最佳運作效益。



圖 1.1 雪山隧道示意圖

1.1 雪山隧道概要：

- (1)雪山隧道長度 12.9 公里，為分離之雙孔隧道，每孔隧道為單向雙車道瀝青混凝土柔性路面。
- (2)坡度由頭城往坪林方向為 1.255%。
- (3)共設 3 處通風豎井，每處包含進氣豎井及排氣豎井各乙座。配合通風豎井位置，兩孔隧道間設三處通風換氣站，另為兩主隧道通風循環，設置三處通風中繼站。
- (4)每一車道寬 3.5 公尺，行車淨高 4.6 公尺。
- (5)每一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。
- (6)兩隧道間下方有一導坑，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。
- (7)兩主隧道間設置橫向聯絡隧道，每 350 公尺設乙座人行聯絡隧道（共 28 座），每 1400 公尺設乙座車行聯絡隧道（共 8 座），供人員緊急避難及車輛緊急疏散用，人 / 車行聯絡隧道並以人行樓梯與導坑銜接，可供人員通達導坑。

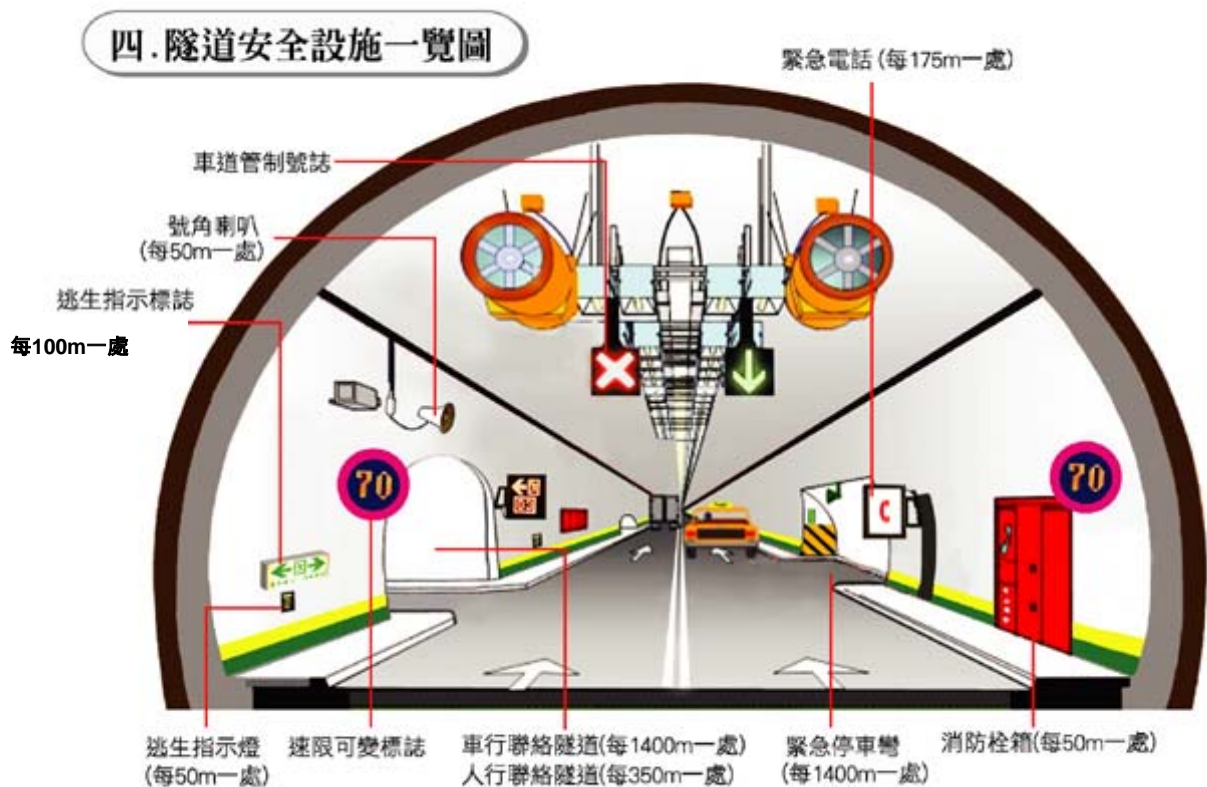


圖 1.2 雪山隧道安全設施一覽圖

2. 隧道電力系統

係供應隧道內照明系統、通風系統、消防系統、火警偵測、監控系統、交控系統及安全逃生與緊急救援等設備用電，為一切系統設備運轉所需，其供電可靠度與供電品質要求極高，必須具備多重備援保障，方能確保長隧道之行車安全。

2.1 隧道電力設計

隧道電力設計標準參考：

- (1) 經濟部頒布屋內線路裝置規則及屋外線路裝置規則
- (2) 臺灣電力公司營業規則
- (3) IEC (International Electrotechnical Commission)
- (4) NEC (National Electrical Code)
- (5) ANSI (American National Standards Institute)
- (6) 中國國家標準 (CNS)
- (7) 內政部頒布建築技術規則



圖 2.1 坪林特高壓變電站 22.8kV 高壓配電盤

2.2 電力系統架構

雪山隧道為應機電設施用電需求，配合台電公司供電狀況，於頭城自設特高壓變電站申請一回線 3 3W 69kV 供電，並於坪林自設特高壓變電站申請一回線經常、一回線備用 3 3W 161kV 二回線供電，於沿線共設置有 14 處 23.9kV 降

為 400/231 V 之變電站 (Substation) 機房。頭城特高壓變電站從 69kV 降為 23.9kV 後由頭城工務段 SS51 變電站供電至雪山隧道內 SS36 及 SS37 變電站；坪林特高壓變電站從 161kV 降為 23.9kV 後供電給南港隧道 SS11 變電站至雪山隧道內 SS36 及 SS37 變電站。平常以雪山隧道 SS36 及 SS37 變電站為兩特高壓變電站供電之分界常開點 (Normal Open)，如遇 161kV 或 69kV 特高壓變電站任一變電站供電中斷或電力設備故障、維修時，於分界常開點兩側可互為備援，視需要由負載切換開關操作電力轉供。

各變電站 (Substation) 內設有兩組 23.9kV 降 400/231V 之壓變壓器，於低壓 400V 側並以 Tie 方式連結，正常時兩組變壓器各僅在約半載容量運轉，如任一變壓器或開關設備故障或維修時，則可由另一組變壓器負擔全部容量，不致造成長時間供電中斷。

當臺電市電供電中斷時，於兩特高壓變電站內均各配置有 4160V 2000kW 兩台並聯之緊急柴油引擎發電機組，以供應隧道內之緊急照明、消防系統及緊急排煙風機之需，其運轉需求可維持 24 小時以上。不斷電電源供應設備 (UPS) 可供隧道緊急照明、火警監控及交控系統電腦等必要負載用電，其供電能力可持續 15 分鐘以上，以因應市電供電中斷時緊急柴油引擎發電機起動期間，為避免所有照明瞬間完全熄滅，及維持監控及交控系統電腦系統運轉用電需求。

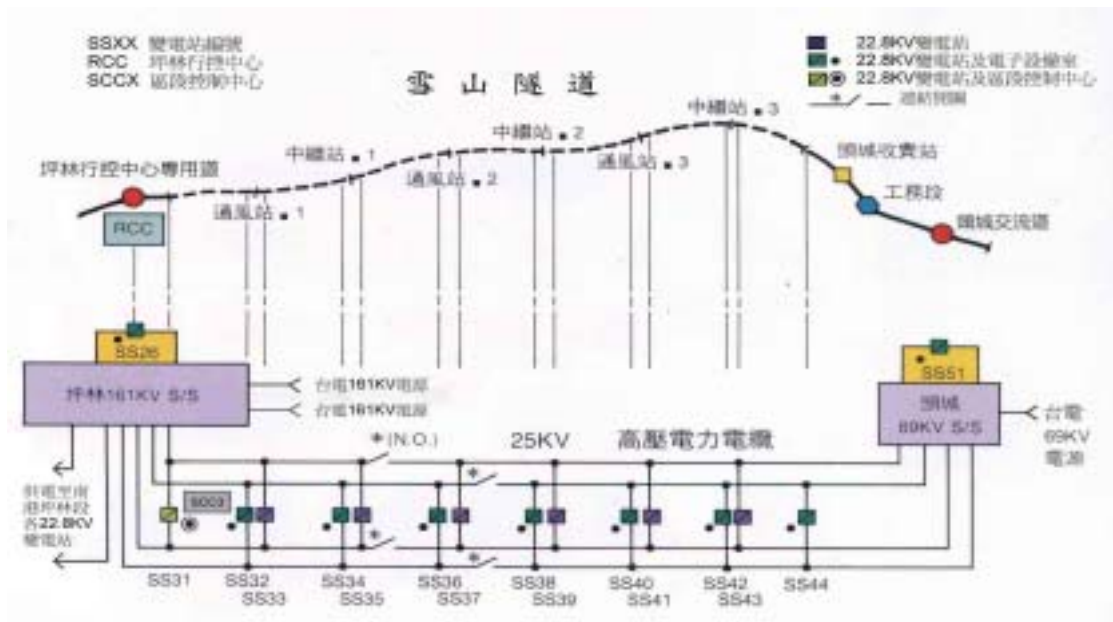


圖 2.2 雪山隧道電力系統架構

2.3 管路及電纜線架

由坪林 161kV 或頭城 69kV 特高壓變電站經電力變壓器降壓至 23.9kV 後，以 25kV 高壓電纜線布設，沿路堤段預埋管路或橋梁段電纜架至隧道內管線廊道電纜架，沿南下線與北上線各布設一回線縱貫全線，以供電至沿線各配電變電站（Substation）。

於雪山隧道南下線與北上線採隔站方式各布設二回線，以 SS31、SS33、SS35 等為一供電群組；另 SS32、SS34、SS36 等為另一供電群組，以均衡各配電饋線供電能力，對雪山隧道任一配電變電站（Substation）而言，均有源自頭城或坪林特高壓變電站共 4 組 23.9kV 供電饋線引入，故電源路徑來源選擇性多，供電線路可靠度極高。

各配電變電站（Substation）降壓後，各低壓幹線沿隧道內車道下預埋管路或車道上方金屬電纜線架布設，再供電至隧道內沿線各機電設備使用。



圖 2.3 管線廊道內電纜架及消防、給水幹管

2.4 緊急供電系統

任一 69kV 或 161kV 特高壓變電站短時間故障或停電時，將自動啟動該區緊急柴油引擎發電機組，以供應該區緊急負載用電（Essential Load）之需，同時並將一般負載（Non-Essential Load）卸載停止供電，未故障或供電之特高壓變電站，則仍維持正常供電狀態。

如任一 69kV 或 161kV 特高壓變電站故障或停電逾 8 小時或經判斷非短時間

可復電時，初始仍由緊急柴油引擎發電機組先行自動起動供電，惟為免隧道因長時間停電卸載運轉，影響公路隧道之正常通車運作，全線供電則考量由另一未故障或停電之特高壓變電站經 SS36 及 SS37 配電變電站 (Substation) 轉供，供應全線之電力。

緊急柴油引擎發電機組設置有可供持續運轉 24 小時之 7500 加侖之地下儲油槽，且機房進出動線佳，可隨時補給油料以滿足供電中斷時長時間運轉需求。

2.5 電力監視與管理

頭城 69kV 及坪林 161kV 特高壓變電站，分別設置有電力系統警報顯示盤及模擬照景盤，有助於運轉管理使用，另管理人員亦可於電腦監控系統之電力工作站監視控制全線主要電力設備供電狀態。如遇用電事故需電力轉供時，因涉及高壓用電安全，首先應以操作人員至現場確認事故發生原因為優先，而監視控制為輔，以策用電安全。

電力設備容量係依所有負載初估，爾後營運管理單位可依實際運轉狀況，再調整至最合適契約容量，隧道電力負載特性仍應以符合行車安全為首要目標，滿足運轉需求後方予節能經濟性考量。

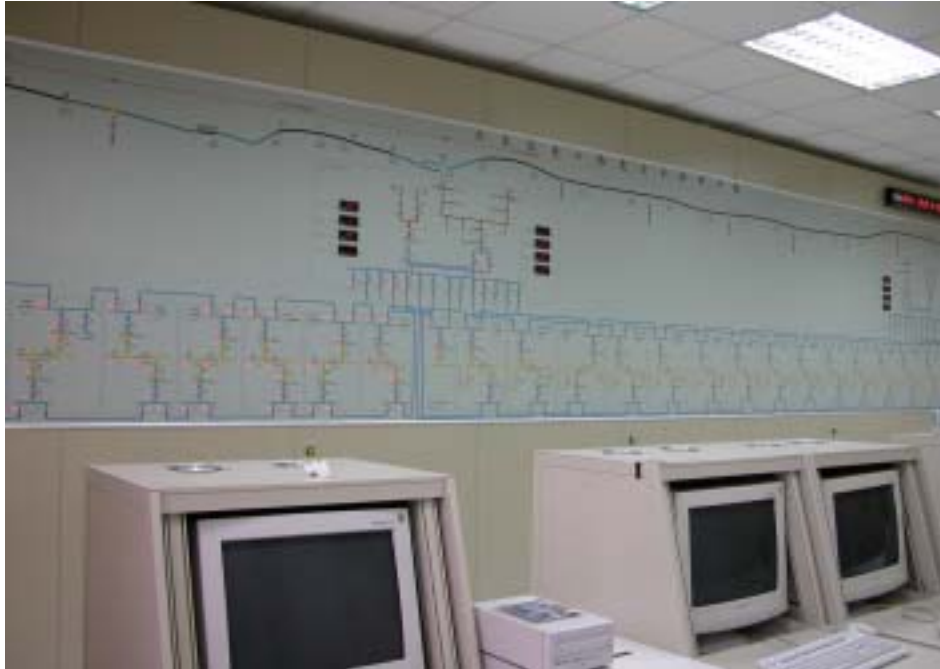


圖 2.4 電力模擬照景盤及電腦監控站



圖 2.5 坪林 161kV 特高壓 GIS 開關設備

3. 隧道照明

在確保駕駛者於行駛隧道時，能獲致與鄰接道路(隧道外)相同之行車安全與舒適程度。駕駛人在進/出隧道時會因光線急劇變化產生「黑洞效應」，為免因此效應影響行車安全，故隧道照明設計成入口處較亮，並分區遞減至隧道內基本照明，使駕駛人能逐步適應隧道內環境。

依交通尖離峰、天氣陰晴、晝夜不同時段等及配合隧道洞外輝度量測值，由監控系統自動調整隧道內部之照明階段，可兼顧提供適當照明及節省能源。

3.1 隧道照明設計

隧道照明設計標準參考：

國際照明協會(COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE ,CIE)

- (1) Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting, publication CIE No.30 (TC-4.6), 1976
- (2) Guide for lighting of road tunnels and underpasses, publication CIE No.26/2, June 1990

3.1.1 隧道照明分區

主隧道照明設計，考慮行車安全及舒適性，採用 40W*2 日光燈具，為兼顧燈具養護需求，安裝於隧道上中間偏左側 50 公分，基本照明採日光燈具，演色性高且均勻度較佳，於長隧道內長時間行車時，能提高駕駛人辨識力及眼睛不易疲勞等優點，提高行車安全。除日光燈外，另輔以高壓鈉氣燈作為隧道入口區及出

口區之加強照明。

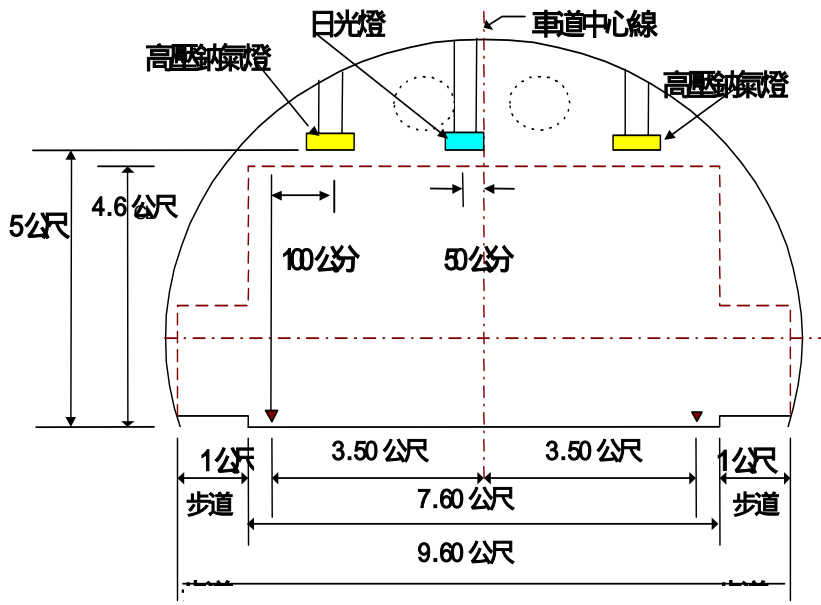


圖3.1 燈具安裝示意圖

雪山隧道照明分為接近區(Access Zone)、進口區(Threshold Zone)、漸變區(Transition Zone)、內部區(Interior Zone)及出口區(Exit Zone)5 個照明區，各區之平均輝度值及距離應設定如下：

(1) 接近區(Access Zone)：

指接近隧道進口端前之路段，依雪山隧道環境及根據 CIE 之推薦值採用 $4000\text{cd}/\text{m}^2$

。

(2) 進口區(Threshold Zone)：

分二段，前段長度 50 公尺，輝度基準應為 $200\text{cd}/\text{m}^2$ ，但雪山隧道設計採用 400W 逆照型高壓鈉氣燈 (Counter Beam) 作為加強照明，輝度基準可降為 $120\text{cd}/\text{m}^2$ 。後段長度亦為 50 公尺，輝度基準採用 $60\text{cd}/\text{m}^2$ 。照明燈具採 $40\text{W} \times 2$ 日光燈具。

(3) 漸變區(Transition Zone)：

分二段，前段長度 50 公尺，輝度基準採用 $30\text{cd}/\text{m}^2$ 。後段長度亦為 50 公尺，輝度基準採用 $15\text{cd}/\text{m}^2$ 。照明燈具除 $40\text{W} \times 2$ 日光燈具外，加設 150W 逆照型高壓鈉氣燈。

(4) 內部區(Interior Zone)：

輝度基準採用 $6\text{cd}/\text{m}^2$ ，照明燈具採用 $40\text{W} \times 2$ 日光燈具。

(5) 出口區(Exit Zone)：

分二段，前段長度 30 公尺，輝度基準採用 $15\text{cd}/\text{m}^2$ ，後段長度亦為 30 公尺，輝度基準採用 $30\text{cd}/\text{m}^2$ 。照明燈具除 $40\text{W} \times 2$ 日光燈具外，加設 150W 對稱型高壓鈉氣燈

。

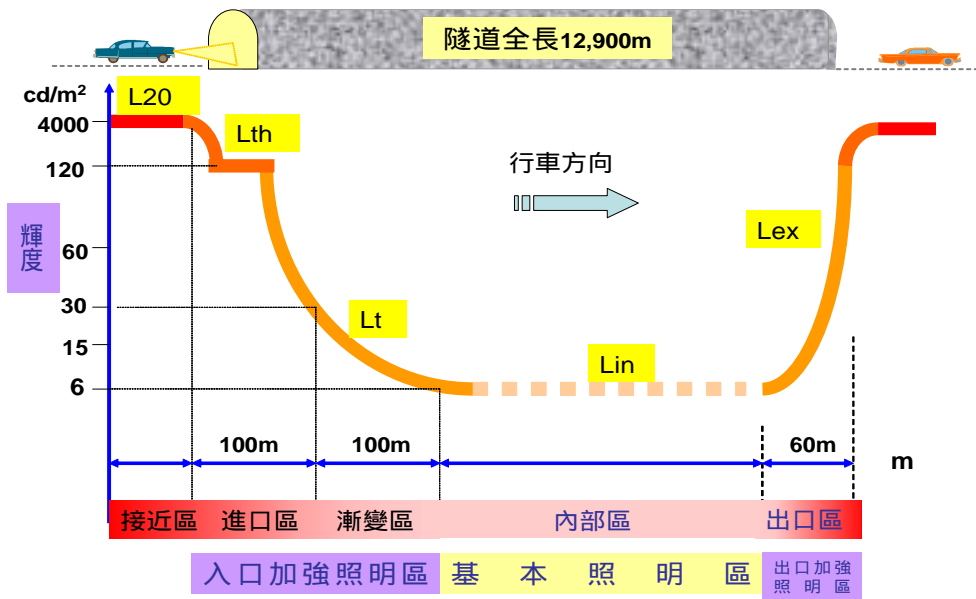


圖 3.2 雪山隧道照明分區及輝度曲線圖

3.1.2 照明控制

3.1.2.1 正常模式

在正常模式下隧道照明點滅控制共分 7 個階段，白天依隧道洞外輝度偵測器偵測值與設定範圍值比較，由監控系統自動控制適當階段之點滅，晚上則由計時器(Timer)依照時間設定，點滅照明階段。各階段之照明燈具，一旦被點燈後至少須維持 30 分鐘(可調整)之亮燈時間，直至熄滅要求時才被滅燈。(該階段點燈時間未達 30 分鐘雖有熄滅要求亦不被接受)。

(1) 設定範圍

照明點滅控制		洞外輝度值(cd/m ²)	
階段	區分	點燈	滅燈
7	白天 1	Above 3000	2400
6	白天 2	2000 3000	1600
5	白天 3	1000 2000	800
4	白天 4	200 1000	160
3	黎明(傍晚)	20 200	16
2	夜間	TIMER	TIMER
1	深夜(緊急照明)	ON/OFF	ON/OFF

(2) 計時器設定如下：

時間	00H00	03H00
第二階段	OFF	ON



圖 3.3 雪山隧道主線照明

3.1.2.2 緊急模式

當隧道內發生火警而未停電或隧道內之能見度係數大於 0.007m^{-1} 時，則隧道內照明燈具全亮，即上表所述第 7 階段，但白天時，洞外接續道路路燈則不因火警發生而亮燈。若停電時隧道內照明將轉為停電模式，隧道照明的十分之一由緊急電源供應，此時隧道照度僅達 0.6 cd/m^2 ，須配合交通管制措施方可通行。

當隧道內發生火警時，位於隧道左側步道上 50 公分高之逃生指示燈會亮起，逃生指示燈每隔 50 公尺設置 1 個，不受停電影響，用路人緊急逃生時有加強導引功能。

圖 3.4 雪山隧道避車彎及逃生指示燈

3.1.3 導坑及管線廊道

導坑照明採用 40W * 2 吸頂日光燈，安裝於導坑頂部中央，可由現場手動或由監控系統遠方遙控點滅照明回路，導坑照明的十分之一由緊急電源供應。

管線廊道位於車道下方，並聯接至所有機房，主要供養護人員維修管線時所用，照明採用 40W * 2 吸頂日光燈，安裝於廊道頂部中央，可由現場手動或由監控系統遠方遙控點滅照明回路，廊道照明的五分之一由緊急電源供應。

3.1.4 人/車行聯絡隧道及凹槽照明



圖 3.5 車行聯絡隧道照明



圖 3.6 人行聯絡隧道照明

人 / 車行聯絡隧道採用 40W * 2 壁掛式日光燈，接至緊急電源，當人員或車輛進入聯絡隧道時，藉由紅外線偵測器偵測人員或車輛進出時自動點亮，並有延遲關閉之功能，亦可由聯絡隧道入口處手動或由監控系統遠方遙控點滅照明回路。為方便用路人辨識聯絡隧道入口，人 / 車行聯絡隧道入口處設有 150W 高壓鈉氣燈一盞，接至緊急電源並保持恆亮。

電話凹槽照明採用吸頂日光燈，當用路人推開電話凹槽門時，藉由紅外線偵測器偵測到人員進入而自動點亮，當人員離開時，並有延遲關閉之功能。

4. 隧道通風系統

為降低隧道內一氧化碳、氮氧化物等汽車所排放廢氣之濃度，保障用路人健康，降低隧道內煙塵濃度，維持較佳之能見度，以確保行車安全。當隧道發生火災，能有效控制煙霧擴散速度及方向及排除濃煙，以利用路人逃生及救災作業之進行。

4.1 隧道通風設計

隧道通風設計標準參考：係委託國際設計顧問公司 (AEC) 設計，設計時參照國際道路協會 (Permanent International Association of Road Congresses, PIARC)，公路隧道設計準則，1991。

4.2 隧道通風之設計流程

於通風系統規劃時另須配合基本資料如每輛車之 CO 排放量、速度修正因子、風速修正因子、坡度修正因子、海拔高度修正因子、車流密度、最大容許 CO 值、粉塵排放量基本值、容許之粉塵濃度或能見度、隧道標準斷面等等，設計流程如下：

- (1) 基本資料收集
- (2) 依相關法規或國際標準訂定設計準則
- (3) 估算所需新鮮空氣量及緊急排煙需求量
- (4) 通風系統評估選擇

4.3 雪山隧道通風系統

雪山隧道為分離雙孔、單向雙車道，採用加強縱流式通風系統，共設置三組

通風換氣站與三組通風中繼站，每組通風換氣站設置進氣豎井與排氣豎井各一座，進氣豎井設置軸流式送風機 4 台（南 / 北行線各 2 台），排氣豎井設置軸流式排風機 4 台（南 / 北行線各 2 台）。每組通風中繼站設置軸流式中繼風機 2 台（南或北行線各 2 台），隧道內車道上方並設置 112 台噴流式風機，通風換氣站之功能為將隧道內污濁之空氣經由排氣豎井排出，新鮮空氣則由進氣豎井引入隧道，通風中繼站之功能為將其中一孔隧道內較乾淨之空氣引入另一孔隧道內，反之亦然。當隧道改為雙向交通或發生塞車、火災之狀況時，噴流式風機可供應隧道通風所不足之推力。



圖 4.1 雪山隧道通風系統透視圖

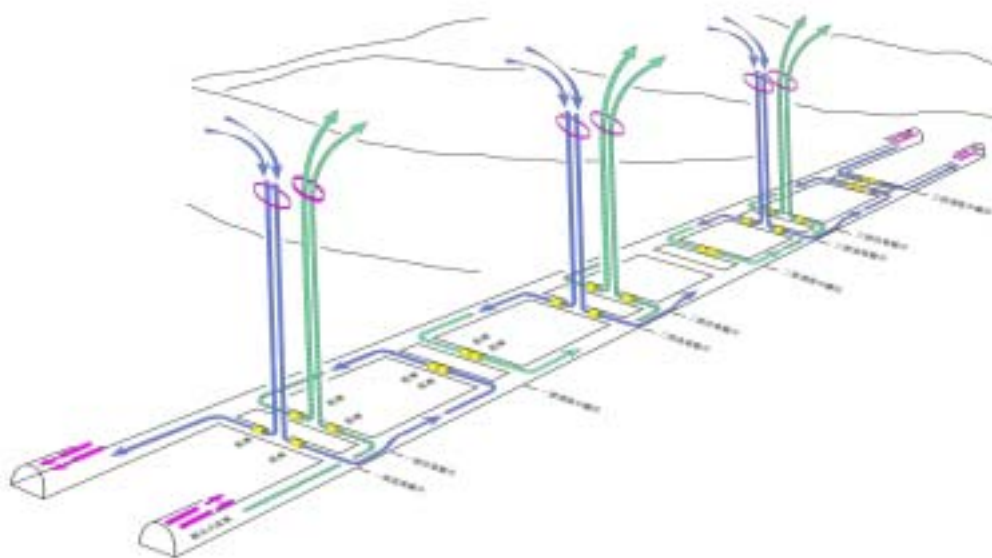


圖 4.2 雪山隧道通風系統示意圖



圖 4.3 雪山隧道進氣 RC 風道板

4.3.1 正常運轉模式

於正常運轉狀況時，隧道通風量須隨著交通量之改變，作適當之調整，以使隧道內之廢氣濃度控制在容許之範圍內(一氧化碳：75ppm，能見度：0.007m⁻¹)。

當隧道內車速減慢或甚至停滯不前之狀況，且所有風機皆已啟動，此時如隧道內之一氧化碳濃度達到 150ppm 或能見度達到 0.009 m⁻¹，則監控系統必須通知交控系統作必要之交通管制。如一氧化碳濃度超過 200ppm 或者是能見度超過 0.012 m⁻¹達 15 分鐘之久仍未改善，則必須通知交控系統暫時關閉隧道或採交控方式限制車輛進入。

4.3.2 緊急通風運轉模式

當雪山隧道內之車輛發生火災時，進入緊急逃生通風運轉模式以控制煙霧擴散之速度及方向，於排煙模式時迅速地將煙排至洞外。不同區域發生火災時之不同通風指令皆儲存於隧道通風監控系統。當監控系統接收到火災區域 (zone area) 之訊號時，即能迅速地下達指令。當隧道單向發生火災時，火災下游之車輛可繼續向前行駛，逃離現場，火災上游之車輛則無法繼續向前行駛，用路人必須將車輛往人行步道兩邊停車，留置車輛鑰匙下車逃生，此時隧道內之縱向風速維持在臨界風速 2~4m/sec 之上 (沿車行方向)，以防止煙霧向後蔓延，影響用路人之逃生，同時中繼站之風機必須停止，以防止煙霧進入另一孔隧道。



圖 4.5 雪山隧道噴流式風機 直徑 1 公尺

4.3.3 導坑及聯絡隧道運轉模式

雪山隧道因工程規模龐大，且地質複雜，乃於兩條主隧道間先施築一直徑 4.8 公尺之探查導坑，完工後供做營運維修，急難逃生救助之用。另雪山隧道每隔 350 公尺設置一人行聯絡隧道，每隔 1400 公尺設置一車行聯絡隧道，以連接南、北行隧道，提供緊急時車流疏散及維修救助之用，並可供人員通達導坑。

由於導坑及聯絡隧道皆作為人員緊急避難及逃生之用，因此必須提供新鮮空氣作為通風之用，同時聯絡隧道內之壓力必須隨時皆保持在大於主隧道內之狀態，以避免車輛行駛時所排放之廢氣流入聯絡隧道內，或者是當隧道內發生火災時

，避免濃煙流入聯絡隧道內。導坑及聯絡隧道所需之新鮮空氣係由設置於雪山隧道南、北洞口機房內之軸流送風機，將新鮮空氣引入，經由主隧道下方之仰拱廊道及導坑送入聯絡隧道內，再排入主隧道內。

4.3.4 隧道機房空調系統

隧道內及洞口各機房之空調系統係採用氣冷式冰水主機製造冰水，再將冰水輸送至各電氣室、UPS 室、控制室及電子設備室之箱型空調箱以供應冷氣及控制各室之溫、濕度。



圖 4.6 氣冷式冰水主機（製造冰水）



圖 4.7 箱型空調箱（供應冷氣）

5. 火警偵測系統

能在第一時間準確獲知火災訊息及發生火警之分區位置，適時對災害現場用路人進行廣播疏散、並進行啟動風機緊急排煙及照明全開等緊急應變，同時將火災訊息上傳至交控中心，執行適當之火災交通管制應變策略，以減少生命財產損失。

火警系統區分為一般區域火警系統（包括輔助機房、人行及車行聯絡隧道、洞口機房及電話凹槽等區域）、主隧道火警系統及管線廊道火警系統等項目。

5.1 隧道火警偵測設計

- (1) 中國國家標準(CNS)
- (2) 內政部頒布之建築技術規則
- (3) 內政部頒布之各類場所消防安全設備設置標準
- (4) 經濟部頒布屋內線路裝置規則
- (5) NEC (National Electrical Code)

(6) 國際道路協會(Permanent International Association of Road Congresses, PIARC), 公路隧道設計準則, 1987

5.2 一般區域火警系統

本火警系統由火警受信總機、偵煙式火警探測器及火警綜合盤等設備組合而成。

(1) 火警受信總機

火警受信總機裝設於洞口機房電子設備室或隧道內輔助機房通訊與傳輸室，用以接收偵煙式火警探測器及火警綜合盤（手動發信機）等偵測設施之偵測信號，並將所收集資訊透過區域網路傳送至監控系統。火警受信總機內置有蓄電池，當電源回路供電中斷時具有維持至少 5 小時繼續運作能力。

(2) 偵煙式火警探測器及火警綜合盤

偵煙式火警探測器裝設於隧道區機房天花板、人行、車行聯絡隧道及電話凹槽上方頂拱。火警綜合盤裝設於隧道區機房、人行及車行聯絡隧道，採露出壁掛橫式，由火警標示燈、消防泵啟動標示燈、手動發信機、火警警鈴及緊急對講電話插孔（可與同一轄區之火警授信總機進行對講通話）等設施組合而成。

5.3 主隧道火警系統

雪山隧道工程採用差動式銅管火警探測系統，由火警受信總機、主隧道火警系統等組成。



圖 5.1 雪山隧道火警系統現場控制器

(1) 火警受信總機

火警受信總機（蓄積式）分別安裝於隧道洞口機房及車行橫坑機房中，並透過 RS-232C 串列通信介面單元，與隧道監控系統現場控制器進行通訊及監控整合。具自我診測功能之微處理機控制單元、自充式備用電源，於供電系統 AC 電源停電後，具至少維持系統持續 5 小時運作之能力，可自動監視及偵測差動式銅管火警控制系統之運作情形。

(2) 差動式銅管火警系統

本系統於兩人行聯絡隧道間之隧道頂拱佈設四組感測銅管，每組感測銅管含蓋距離約為 87.5 公尺，而感測銅管乃由一內徑約 4mm 及外徑約 5mm 之銅管製成，內充氣體作 360°立體空間溫度偵測，偵測溫度範圍 0 +85 ；感測銅管經由乳膠管轉接並連接到火警凹槽內之現場控制器，現場控制器係由一個玻璃纖維強化多元酯材料(Fiberglass Reinforced Polyester)箱體(防護等級符合 IP65 標準)及氣動評量裝置、機械測試裝置、控制及比較電子電路裝置等組合而成，對感測銅管及全系統具有火警分析偵測功能並具自我診測能力，當火警發生及設備與線路故障時，可透過定址模組將火警及故障區域，經由通訊線路傳送到洞口機房或隧道內輔助機房火警受信總機。

6. 隧道消防系統

消防系統係當區內發生火災時，能提供現場民眾於火災初期直接使用手提式滅火器進行緊急滅火作業，亦可供消防人員利用消防栓箱專用出水口進行實質滅火，以減少火災人員傷亡及設備損失。分為機房消防系統及隧道消防系統。



圖 6.1 雪山隧道消防栓箱

6.1 隧道消防系統設計

- (1) 中國國家標準 (CNS)
- (2) 內政部頒布之建築技術規則
- (3) 消防法
- (4) 消防法施行細則
- (5) 內政部頒布各類場所消防安全設備設置標準
- (6) 美國防火協會 (NFPA-12、14、130、502)
- (7) 日本道路公團設計要領，1990

6.2 機房消防系統

包括濕管系統 (消防送水口、消防管路、逆止閥、自動排氣閥、室外地上型消防栓箱)、消防泵 (消防泵及其驅動元件、持壓泵、自動控制系統等)、二氧化碳自動滅火系統 (光電式偵煙感知器、差動式偵溫感測器、滅火劑儲存容器、二氧化碳噴嘴、控制盤、手動啟動開關、警鈴、人員疏散警報器、藥劑釋放警告燈及與通信、HVAC 介面信號所需之接線盒)。

(1) 濕管系統

系統安裝完成後須以清水沖洗管路至水色清澈，不含管垢、銹渣、髒物、油脂及其它異物為止。最終測試、驗收測試及證照申請之檢驗測試，須符合 NFPA13、14 及 24。每一完整管路系統於埋置或掩蔽前，須會同工程司作管線測試 (滲漏試驗、壓力試驗 (測試前 24 小時整體管路須先行充水及放氣，其試驗壓力不得小於全閉揚程 1.5 倍以上，且管路系統須保持 2 小時無壓降或洩漏情況。))。

(2) 消防泵

泵浦、驅動機件、控制器及附屬裝置須完全符合 NFPA 20 及 UL、FM 之規定。其底座安裝防振器，本身以 Y- 啟動器控制之開放式防滴型兩極鼠籠式感應馬達驅動，現場測試時應遵照當地消防主管機關規定進行。系統設計兩部消防泵，當系統壓力降低至某一特定值時，持壓泵啟動，並根據最小運轉週期計時器所預先設定之時間 (最小預設為 7 分鐘) 持續運轉以維持濕管系統一定水壓。當系統壓力持續降低至消防泵啟動設定值時，即自動啟動單一消防泵汲水；但系統供水需求超出單一持續運轉中之消防泵之運轉容量時，則並聯啟動另一部消防泵汲水。



圖 6.2 雪山隧道消防泵

6.3 隧道消防系統

隧道火災發生時，以儘速疏散、撤離事故現場民眾為第一優先考量，設備搶救為次，於隧道側壁安裝消防栓箱（平均每 50 米一處），供現場民眾於火災初期直接使用內置手提式乾粉式滅火器緊急滅火，或供其後馳援現場之消防單位使用消防栓專用出水口進行實質滅火。

隧道火警分區一般以兩聯絡隧道（人行聯絡隧道或車行聯絡隧道）之間距為一分區（長約 350 米），但隧道機房仍依一般建築物相關規定辦理。

所設隧道消防栓箱分為 A 型（含隧道清洗水閥及兩具 20 磅 ABC 乾粉滅火器，每 200 米一處）、B 型（只含兩具 20 磅 ABC 乾粉滅火器，每 50 米一處）等兩種，其內均含 1 條口徑 40mm 長 30 米之水帶、可調整之直線水霧兩用型瞄子、箱門加裝極限感測開關以供監控系統明瞭箱門啟閉狀態（其開啟後之箱門不會妨礙車道正常行車）、埋入型手動警報機、火災指示燈及消防泵運轉指示燈、電話插座（只限同一火警分區間進行通話）、電源插座（125V、15A、1P）等設施。

7. 機電監控系統

國道 5 號高速公路南港頭城段機電監控系統共分為 3 個獨立的責任區段（SCC1、SCC2、SCC3），每 1 個區段皆為可獨立運轉之系統：第一區段南港隧道區段（SCC1）及第二區段彭山隧道區段（SCC2）各設一組工作站於區段控制中

心 (Sector Control Center) 以監視、控制該區段內之機電設備 (如隧道照明、火警、通風、空調、安全與消防等)，第三區段雪山隧道區段 (SCC3) 因隧道較長 (12.9 公里) 則規劃設置兩組工作站於區段控制中心，其中一組工作站用來監控機電/安全系統，另一組工作站則用來監控隧道通風/空調系統。另於坪林 161kV 變電站及頭城 69kV 變電站內各規劃設置一組專用工作站以監控全線電力系統之運作。

另於坪林行控中心設置一組工作站，作為全線機電設備之監視及必要時對設備作強制運轉/停止之遠端手動遙控之用 (電力除外)。各區段控制中心分別規劃設置於石碇隧道南洞口，彭山隧道南洞口及雪山隧道北洞口等各機房之控制室。至於機電設備之控制則由各區段工作站處理完畢後，將結果上傳至坪林行控中心，以供操作人員監視之用。本系統架構規劃為正常情況時，由坪林行控中心、坪林 161kV 變電站監控及頭城 69kV 變電站負責監控任務，若上述控制中心工作站故障或維修時，監控人員則可轉進至各該區段控制中心，並依所設定之優先順序接掌該區段之監控任務。



7.1 機電監控系統架構 圖 7.1 雪山隧道監控系統架構圖

監控系統各區段內之輸入/輸出訊號，規劃經由下述 2 層傳輸網路傳送至各區段控制中心之工作站。

(1) 下層傳輸網路

將該區段內所有輸入/輸出監控站及現場監控器之資料至少以 19.2kbps 資料傳

輸速率分別傳送至電子設備室（或通訊與控制室）內之機電/安全及隧道通風/空調設備監控用控制室。



圖 7.2 輸入/輸出監控站

(2) 上層傳輸網路

將該區段內所有電子設備室或通訊與控制室內之機電/安全控制器及隧道通風/空調設備監控用控制室所有蒐集之資料，經由 Ethernet 網路，再透過網路路由器（Router）或橋接器（Bridge）與 FDDI 或 Ethernet 環狀網路傳送至區段控制中心之工作站。



圖 7.3 機電/安全控制器

(3) 網路管理系統

在坪林 161kV 變電站設置一套專用網路管理工作站，作為全線之 Ethernet 網路設備之監控管理，以確保網路暢通。

7.2 機電監控項目及功能

(1) 隧道照明系統

隧道照明分正常模式與緊急模式：

正常模式下分 7 個控制階段，分別依隧道洞口之輝度計及計時器，控制各階段隧道照明，以確保隧道內之行車安全。緊急模式下隧道照明全亮。

(2) 隧道火警及消防系統

監視各火警及消防設備之狀態，並提供火警信號予交控、隧道通風、空調及照明等系統作必要之火警連動控制，以確保用路人之行車安全及設備運轉之正常。

(3) 全線電力系統

監視及控制全線各變電站電力設備之運轉狀態、警報信號及遙控操作等功能，同時於坪林 161kV 變電站及頭城 69kV 變電站內設有工作站及模擬顯示盤（照景盤）。

(4) 給排水系統

監視各水池液位，泵浦運轉狀態及調度各水池水量。

(5) 污水調和池設備

監視各污水調和池之馬達運轉狀態及流量。

(6) 隧道通風及空調系統

依隧道交通量及空氣污染條件，自動控制隧道通風及空調系統，並監視相關設備之運轉狀態及警報信號。

(7) 隧道空氣品質監測系統

監視隧道內一氧化碳、一氧化氮及粉塵濃度，以作為隧道通風系統控制風機運轉之依據。

(8) 門禁監控系統

監視及控制全線各機房之人員出入。

(附註：照片由本局第三區工程處機電工務所 尹義松及李啟昌工程司提供)