

## 貳、雪山隧道安全防護設施

雪山隧道之安全防護設施，由道路及交通工程、機電、交控（含通信）及執法等各系統所構成，其中機電及交控系統並經整合運作，以使其發揮最大的安全防護功能，達到防災、減災及支援災害救援之功能。各系統除後端的處理機制外，設置（安裝）於主隧道之各項安全防護設施如圖 2-1 所示，以提供用路人或救援單位使用。以下先簡介國道 5 號之特性，而各項設施內容之功能於各節中分述。

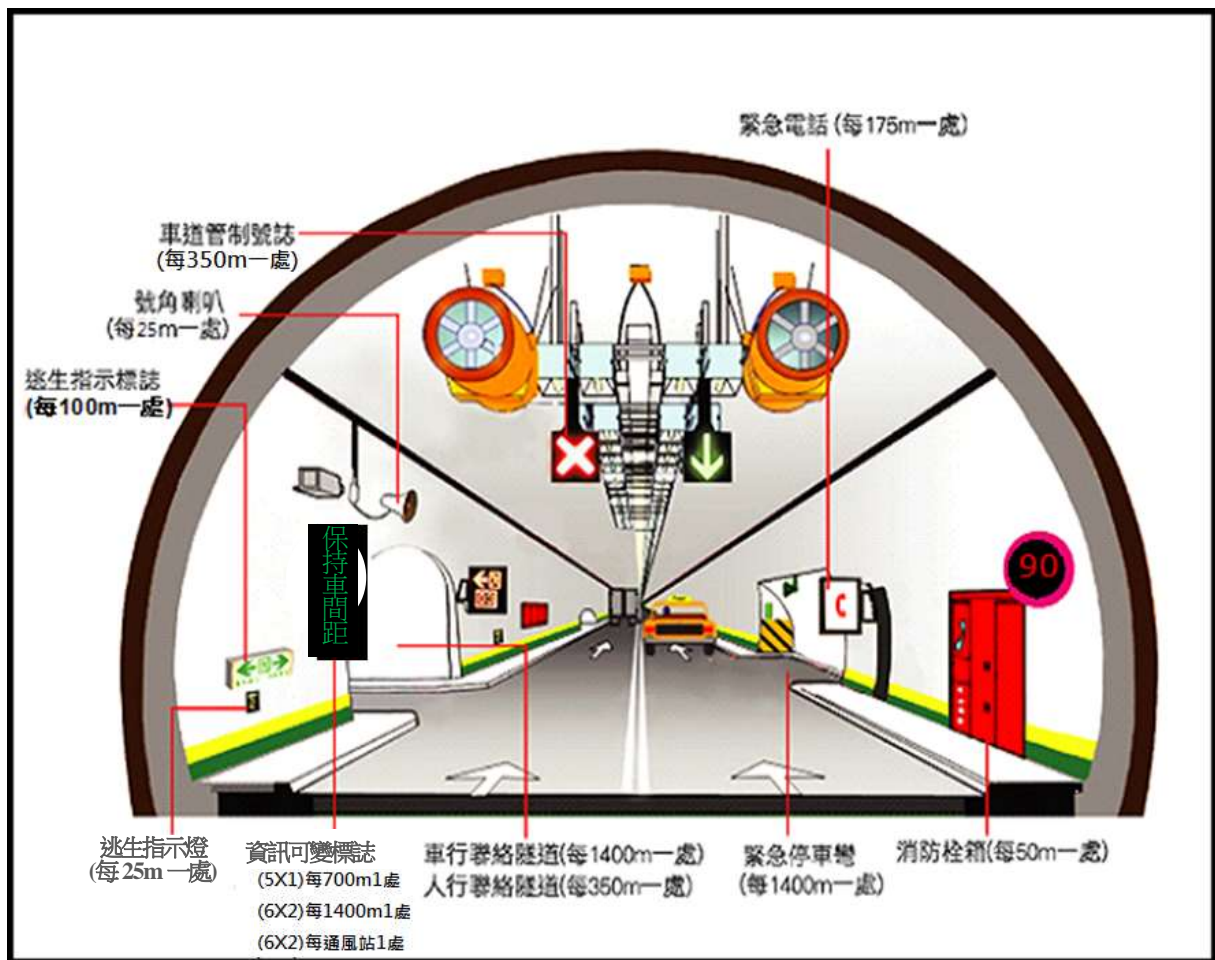


圖 2-1 雪山隧道安全防護設施一覽圖

### 一、道路及交通工程設施

雪山隧道防救災相關道路及交通設施說明如表 2-1。

表 2-1 雪山隧道防救災相關道路及交通設施一覽表

設施名稱	設置狀況	功能
聯絡隧道（參見圖 2-2）	1. 人行：間隔 350 公尺設一處，共 28 座 2. 車行：間隔 1,400 公尺設一處，共 8 座	提供人員緊急逃生，可通達導坑；車行聯絡隧道並可供緊急時車流疏散及管養及救援人員執行維修及救助作業。
導坑（參見圖 1-2）	1. 兩主隧道間直徑 4.8 公尺之縱向隧道 2. 每隔 350 公尺擴挖，提供避車空間 3. 與人（車）行聯絡隧道相接，提供人員逃生及救援人力到達之另一管道	主隧道維修、緊急事件人員避難及救援路線。
緊急停車彎	每隔 1,400 公尺一處（車行聯絡隧道對面主隧道外側）	1. 故障或事故車輛暫停待援； 2. 提供較大型車輛進入車行聯絡隧道之轉向空間
通風站停車彎	每個通風站一處，南北雙向共十二處	供維修人員停靠車輛
管制站	1. 北口管制站：烏塗隧道北口（設有迴轉穿越道為驅離道路） 2. 南口管制站：原頭城收費站拆除後增設頭城管制站（利用原收費站公務便道為驅離道路）	提供執行攔檢勤務人員作業空間，預防違規及具危險性車輛進入隧道
限高設施及標誌	1. 南港系統交流道、石碇交流道入口匝道、坪林交流道 2. 配合於限高設施前設置限高標誌	限高 4.6 公尺
禁止變換車道標誌	隧道入口	禁止隧道內變換車道行為，避免車流衝突，減少事故機會
禁止變換車道標線（雙白實線）	隧道全段	
行車安全間距辨視標線及標誌	1. 每組標線以三個楔形標線繪設於車道，兩楔形標線間隔 50 公尺 2. 配合標線於路側設置 50 公尺距離辨視標誌	提供用路人參考以維持 50 公尺以上之安全距離
「隧道內開頭燈」標誌	隧道入口	提醒用路人行駛隧道路段應開啟頭燈，降低隧道內外光線落差影響，減少事故機會
禁行車種標誌	1. 石碇交流道南下出口前、頭城交流道北上出口前 2. 石碇交流道坪林交流道間路段適當位置 3. 雪山隧道南下及北上入口前	1. 警示禁止通行車種勿違規行駛 2. 禁止車種包括「載運危險物品車輛」及「大貨車」
安全設施標示標誌	1. 緊急電話標示 2. 聯絡隧道標示（含逃生方向/距離標示）	標示設施位置，提供用路人使用參考
資訊可變標誌	(5X1)每 700M1 處、(6X2)每 1400M1 處、(6X2)每通風站 1 處	依車況顯示資訊，提醒用路人



## 二、隧道機電系統

### (一) 電力系統 (圖 2-3):

#### 1. 設計法規及規範參考資料：

- (1) 中華民國國家標準 The Chinese National Standards (CNS)
- (2) 中華民國建築技術規則 The Chinese Building Code (CBC)
- (3) 經濟部頒佈之屋內線路裝置規則
- (4) 國際電力協會 International Electrotechnical Commission (IEC)
- (5) 國家電力法規 The National Electrical Code (NEC)

#### 2. 系統特性

- (1) 隧道內之電力系統採多迴路設計。
- (2) 設置有柴油緊急發電機及 UPS 不斷電系統，供電穩定可靠，可避免隧道瞬間完全失去照明。
- (3) UPS 不斷電系統，當台電停電時提供緊急照明、火警監控等重要設備 60 分鐘備援時間。
- (4) 正常供電由台電提供兩迴路供電，當台電兩迴路供電均中斷時，緊急柴油發電機 20 秒內自動啟動，供應緊急負載用電。
- (5) 當台電供電中斷及發電機啟動之瞬間或其供電異常時，由不斷電系統電源裝置供應緊急照明及安全逃生設施用電。

#### 3. 系統運作

- (1) 電力供應系統應將電力輸配至通風系統、照明系統、監控系統、消防系統和其他操作系統。
- (2) 為確保電力之充份供應及可靠度，主要電力由台電供應兩組獨立的特高壓電源，每一饋線將可獨立有效的供應隧道內所有電力與隧道機電系統之運作。
- (3) 在正常的操作狀況下，所需之電力負荷應由兩個電源共同分擔。此系統在任一電源故障時，可以人工方式切換至另一電源，另設置緊急發電機、UPS 供隧道緊急電源之用。

#### 4. 緊急送電 (Emergency Power Supply)

當部份或整個電力停電時，為繼續維持隧道內部份通風、通訊設備及控制系統之正常運作，於洞口二端機房裝設緊急柴油發電機組，其容量足以供應雪山隧道所有安全、交通控制及通訊等相關系統之需，尚包括火災時能將濃煙排出之緊急排煙風機電力供應。

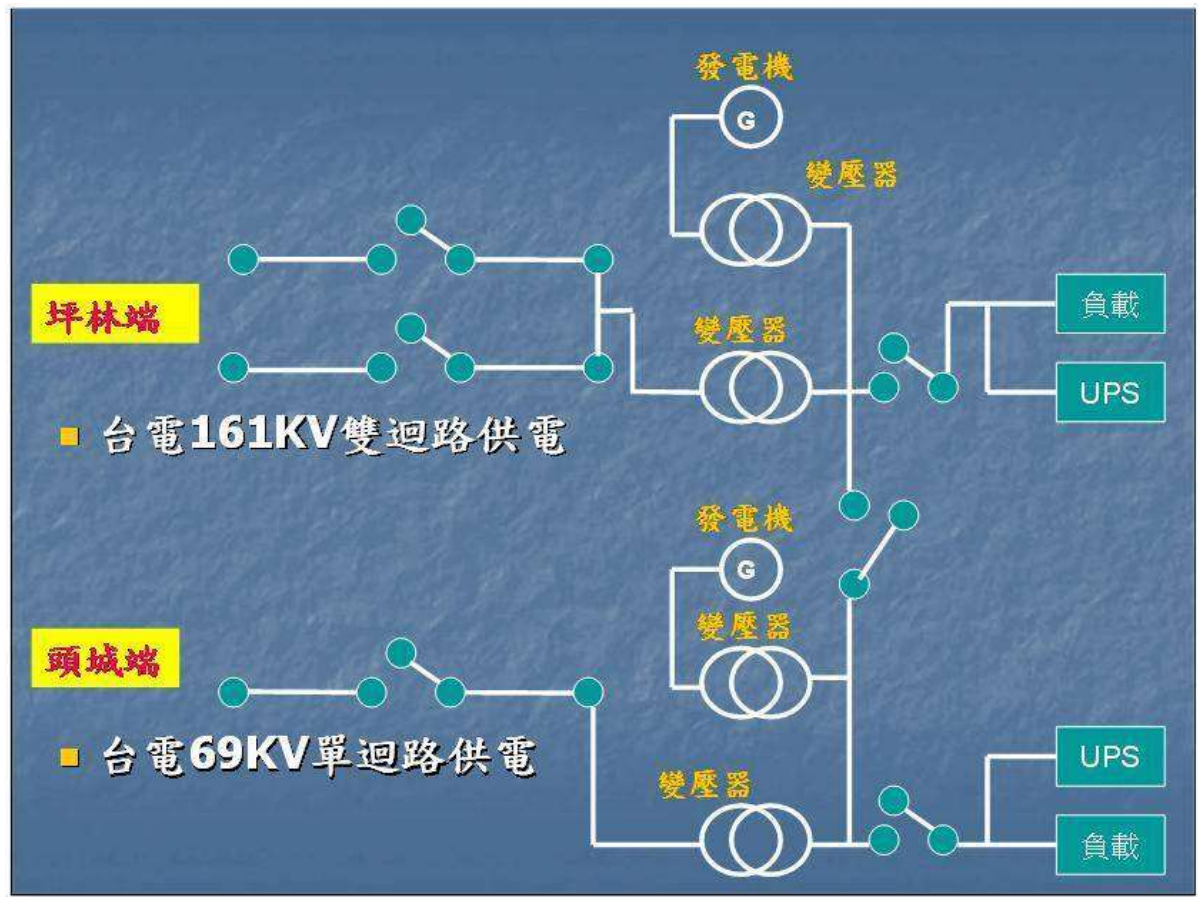


圖 2-3 雪山隧道電力系統圖

(二) 照明系統 (圖 2-4):

1. 設計法規及規範參考資料：以國際照明委員會 International Commission of Illumination For The Lighting Of Road Tunnels And Underpass 之準則為參考及設計基本架構，再依本地環境及現況需求加以調整。
2. 主隧道照明
  - (1) 一般照明
    - A. 燈具設計：隧道係採日光燈為主要照明，進口區輔以高壓鈉氣燈加強照明，全線隧道日光燈具以行車方向中心偏左 50 公分直線排列，高壓鈉氣燈則離左右車道邊緣各一公尺作交



錯式排列，其中加強照明吊掛安裝共分為三種型式：

- (A) 加強照明中之境界區(Threshold Zone)採用逆照式(Counter Beam)400W\*1 之加強型高壓鈉光燈。
- (B) 加強照明中之漸變區(Transition Zone)採用逆照式(Counter Beam)150W\*1 之加強型高壓鈉光燈。
- (C) 加強照明中之出口區(Exit Zone)採用對稱式(Symmetric)150wx1 之加強型高壓鈉光燈。

**B. 照明控制：**

- (A) 隧道洞口前裝設輝度偵測器，作為控制隧道加強照明區照度用，以提供行車安全所需。
- (B) 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，由輸入/輸出監控站自動控制適當階段之點滅；夜間輝度值低於 16cd/m<sup>2</sup> 時，改由時序控制開啟兩階段照明，至深夜凌晨 12 點僅開啟一階段之基本照明。
- (C) 全部燈光照度控制除全自動控制外尚有手動控制，以供緊急或維修時使用，在坪控中心內可監視全部隧道照明系統狀況，並加以控制。

**(2) 緊急照明**

隧道照明系統由台電雙迴路電源供應，因此電源同時故障使照明全部熄滅的機會十分低微，然為防止突然停電所造成之危險，因此隧道內緊急照明燈具之電源來自於緊急電源(UPS，緊急發電機)，於台電斷電時，提供最低限度之基本照明，以維持行車安全。

**3. 逃生導引照明：**

- (1) 逃生指示燈：沿主隧道每間隔約 25 公尺於車行方向左側人行步道上方 50 公分處設置一座避難方向指示燈，於火警發生時自動點亮，提供火警發生時之緊急避難指示，具有獨立的供電迴路及不斷電系統；當事故發生時，用路人可依循兩側人行步道往後逆行車方向撤離。
- (2) 逃生指示標誌：隧道內左側壁每 100 公尺設置避難方向指示標誌，標示距前後聯絡隧道之距離。

- (3) 緊急出口指示標誌：隧道內每處聯絡隧道口設置一座出口標示燈，指引用路人避難逃生。
- (4) 燈光索：裝設於雪隧內側維修步道上，於火警時亮起，指引用路人沿該燈逃生避難。
- (5) 地板逃生指示燈：安裝於人/車行聯絡隧道門前，於火警時亮起，引導用路人逃生避難方向。
- (6) 緊急出口閃爍指示燈及蜂鳴器：裝設於人/車行聯絡隧道口，具閃爍警示功能，附聲音導引裝置，引導用路人循燈光及聲音來源逃生避難方向。

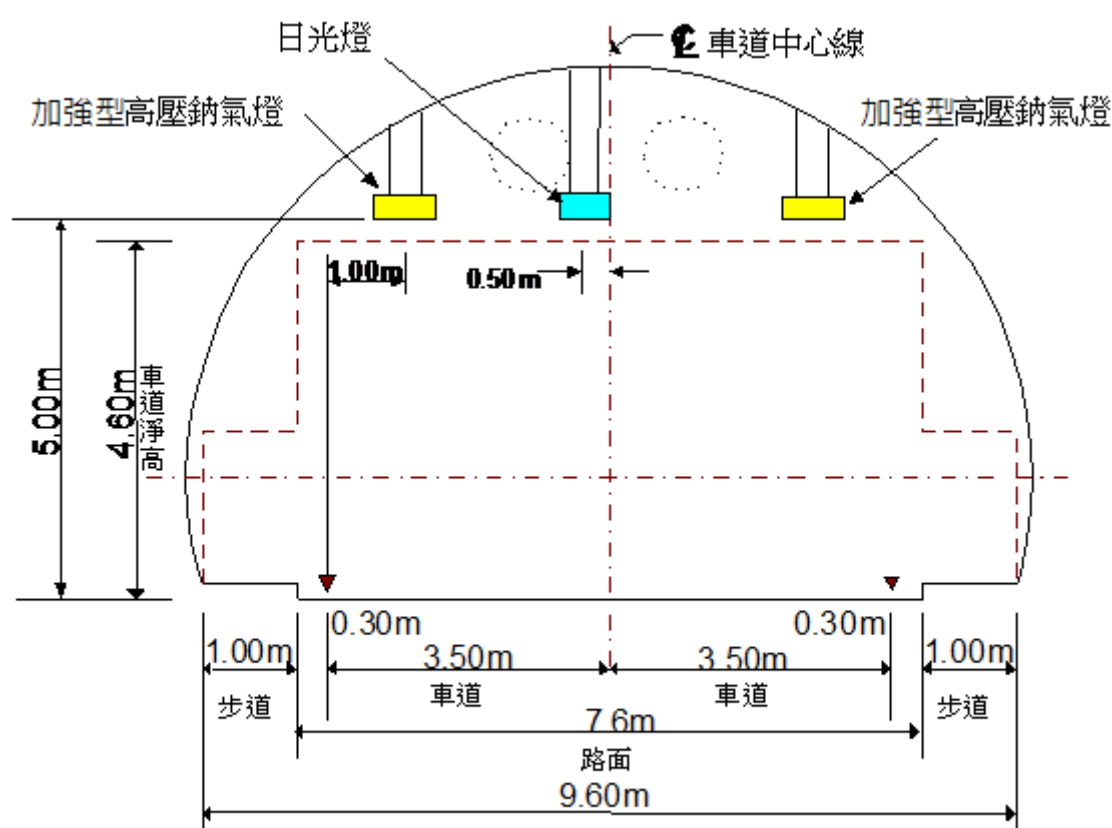


圖 2-4 雪山隧道燈具配置圖

### （三） 火警偵測系統：

1. 當隧道內發生火災事故時，可經由火警偵測器自動偵測或由用路人手動通報。
2. 自動偵測系統設施及設置方式如表 2-2 所示，手動通報則可按壓消防栓箱上之火警發信機或利用緊急電話與坪控中心連絡。

3. 火警發信機沿主隧道每間隔 50 公尺於車行方向右側設置一處（與消防栓箱併設），提供用路人緊急通報管理單位之用。
4. 隧道內車行方向右側每 175 公尺，以及人行、車行聯絡隧道內，均設有緊急電話，當用路人行駛於隧道內有緊急狀況時，推開大門，拿起話筒，坪控中心便可鎖定位。無需撥號或投幣，電話自動會與坪控中心連線通話。
5. 雪山隧道之火警分區如表 2-3 所示。
6. 火災受信總機獲知火災訊息，立即將訊息傳至機電監控電腦進行各項緊急應變（如通知用路人、啟動風機、開啟照明），並向管理單位告警以迅速採取應變措施。雪山隧道火警系統與相關系統設施之連動關連如表 2-4 所示。
7. 雪山隧道消防栓、火警自動警報設備配置平面圖及相關防救災設施之配置詳如附件五所示。

表 2-2 雪山隧道火警自動偵測系統設施一覽表

設施項目	設置地點/方式
偵煙式火警探測器	1. 隧道區各機房； 2. 人行及車行聯絡隧道； 3. 變電站； 4. 通風豎井頂部建築物； 5. 其他建築空間。
電纜式溫度偵測系統	設置於管線廊道；
差動式銅管型火警偵測系統	設置於主隧道。
火警綜合盤及火警受信總機	1. 洞口機房； 2. 隧道區輔助機房； 3. 人行及車行聯絡隧道之火警綜合盤附設於消防栓箱上。

表 2-3 雪山隧道火警分區表

區域	分區原則	分區數量
主隧道	配合人(車)行聯絡隧道之間距，每 350 公尺設一火警分區，合計為單向 37 個，雙向 74 個火警分區	74
人(車)行聯絡隧道	每一聯絡道設一火警分區，共 36 個火警分區（人行 28 個、車行 8 個）	36
管線廊道	配合人(車)行聯絡隧道之間距，每 350 公尺設一火警分區，合計為單向 37 個，雙向 74 個火警分區	74



機房	所有洞口機房及隧道內機房，共分為 52 個分區	52
豎井	豎井上方通風口入口處設一分區，3 處豎井共 3 個分區	3

表 2-4 火警連動設施關連表

自動連動系統	火災發生地點		
	主隧道	管線廊道	聯絡隧道
隧道通風系統	○	○	○
機房 HVAC 系統	○		
交控系統	○		
CCTV 系統	○		○
隧道緊急照明系統	○		

(四) 消防系統 (圖 2-5):

1. 設計法規及規範參考資料

- (1) 美國消防協會 (NFPA)
- (2) 國內相關消防法規
- (3) 日本道路協會隧道防災預防 (1984 年) Incidents Prevention in Tunnel of Japanese Road Committee, 1984.

2. 系統設施

- (1) 隧道內車行方向右側每 50 公尺設一處消防栓箱，消防栓箱型式分 A 型及 B 型，A 型消防栓箱尺寸為 2300mm(W) X 1150 mm(H) X 450(D)，每隔 300 公尺設置一套，B 型消防栓箱尺寸為 2100mm(W) X 1150 mm(H) X 450(D)，每隔 50 公尺設置一套。
- (2) A 型與 B 型消防栓箱內均含兩具 20 型 ABC 乾粉滅火器、40mm (1½") 口徑水閥 1 只 (接 1 條口徑 40mm/長 30 米水帶及可調整直線/水霧兩用型瞄子，供一般救災人員或用路人使用)、65mm (2½") 口徑水閥 1 只 (供消防人員使用)、緊急電源及電話插座，消防栓箱並設有一火警發信機及箱門開啟自動偵測功能，遇有火警時按下火警發送機或開啟箱門時，坪控中心可即得知火警訊息，並可鎖定警報位置。惟 A 型較 B 型多一組清洗水閥，供管理單位進行隧道清洗時水車加水使用 (消防幹管與清洗水幹管為不同管路)。另聯絡隧道與機房內亦均設有 B 型消防栓箱 1 處。

- (3) 消防專用蓄水池：雪山隧道消防水池設於隧道北口（容量 214 噸），以加壓方式供應隧道消防用水，消防水管安裝於地下廊道，南下、北上各一支，二支給水幹管設有 BY PASS，以確保萬一水管破裂仍有足夠的水源滅火。另坪控中心地下室設有 1,000 公噸蓄水池，利用管線與消防專用蓄水池連通給水，可隨時補充消防用水。
- (4) 送水口設於隧道入口前 50 公尺處；出水口設於每只消防栓箱內，均接裝供滅火使用之 40mm 口徑 30 公尺長消防水帶及供消防救災車輛連結送水之 63mm 口徑快速接頭。
- (5) 人車行聯絡隧道設置 65mm ( 2½" ) 口徑消防連接管 2 管，作為火災事故時消防單位之消防水車僅須停駐於在火災事故之對向隧道，將消防水帶接上消防連接管即可快速至事故隧道之火災現場救援，消防水車無須開抵事故隧道，以節省消防單位車行時間。
- (6) 雪山隧道人、車行聯絡隧道已於通車前完成防火門之設置，其防火時效符合 CNS11227 標準，具 1 小時隔熱及 2 小時防火。
- (7) 電氣機房、控制室、UPS 室設置有二氧化碳滅火系統，以光電式偵煙及差動式偵溫感測器自動偵測火警，可自動及手動啟動，並有人員疏散及藥劑釋放警示功能。
- (8) 針對坪控中心所設 FM-200 滅火系統符合消防法規之規定並增設手提式 CO2 滅火器。另雪山消防分隊駐於坪控中心旁，火警時可立即通知協助搶救以降低損害。
- (9) 隧道外地區道路現有消防栓由地方消防單位定期檢視。

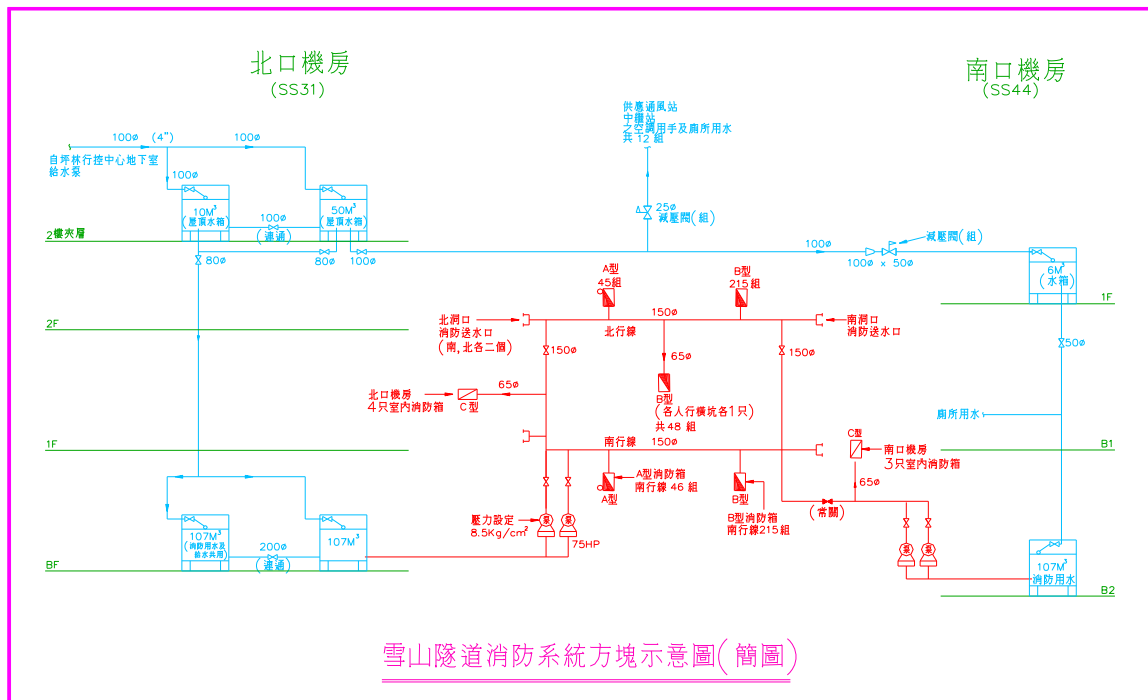


圖 2-5 雪山隧道消防系統方塊示意圖

#### (五) 通風、排煙系統 (圖 2-6)：

##### 1. 隧道通風及排煙系統參考以下資料作為依據分析設計：

- (1) 隧道形式
- (2) 空氣品質標準
- (3) 車流量 (含大貨車)
- (4) 車輛排煙資料
- (5) 車速
- (6) 緊急狀況 (包括逃生、失火)
- (7) 隧道坡度

##### 2. 設計依據

- (1) 隧道之設計分析係依國際道路協會(PIARC)建議規範為依據。
- (2) 隧道通風設計所採用之設計條件主要係參考國際道路協會(PIARC)之建議標準。

##### 3. 系統概述

- (1) 雪山隧道採用縱流及豎井進、排氣系統。隧道通風量依據交通量之車輛排放廢氣而定，以便控制隧道內空氣品質。於交通尖峰時期，北行線最大通風量為  $1595\text{m}^3/\text{s}$ ，南行線最大通風量為

741 m<sup>3</sup>/s。隧道風機可依廢氣濃度增減啟動台數。

- (2) 主隧道通風設施：雪山隧道採加強縱流式通風系統，以提供輔助通風及火災時排煙之用途，除車道上方設置噴流式風機，另設有 3 組通風站及 3 組中繼站，每組通風站設置進氣豎井與排氣豎井各一座，新鮮空氣由進氣豎井引入隧道，稀釋隧道汽車排放廢氣及煙塵，污濁空氣再經由排氣豎井排出。
- (3) 主隧道排煙設施：隧道內發生火警時，可利用通風設施之排氣風機及噴流式風機作為排煙設備，將隧道內之煙塵排出，避免煙塵危害到用路人之安全。
- (4) 車行、人行聯絡隧道及導坑之通風設施：所需之新鮮空氣係由洞口機房之送風機，經由導坑及隧道底部之管線廊道供應並與主隧道通風系統分開獨立送風；用路人在避難空間靜待救援時，持續不斷有新鮮空氣供應，聯絡隧道內之空氣保持正壓，使事故隧道內產生的煙塵不致滲入避難聯絡隧道內。
- (5) 隧道通風系統運轉模式，可分為正常運轉、塞車運轉、緊急運轉、停電運轉，以及維修運轉狀況：

A. 正常運轉狀況：

- (A) 於正常運轉狀況時，隧道通風量須隨著交通量之改變，在適當之標準值以內時，則不需要啟動任何主風機，在此種情況時，各排風機風門必須打開以利用排風豎井之煙囪效應。
- (B) 當兩孔隧道或其中一孔隧道之交通量增加，以致汽車活塞效應所產生之隧道內空氣流量不足以保持隧道內廢氣濃度在預先設定之標準值以內時，則部分主風機必須啟動，並聯安裝之主風機若只需啟動一台，則另一台風機關閉。

B. 塞車運轉狀況

- (A) 當車速降到約 40km/hr 以下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 (part per million, 百萬分之一) 或能見度

達到  $0.009\text{m}^{-1}$ （透光率單位），則監控系統通知交控系統作必要之交通管制。

- (B) 如一氧化碳濃度超過 200ppm 或者是能見度超過  $0.012\text{m}^{-1}$  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。

### C. 緊急運轉狀況

- (A) 如果隧道內發生火災，則通風機必須依照預先設定之程序來運轉以使用路人有較佳之逃生環境。
- (B) 當區段控制中心工作站（位於雪山隧道北口機房）處於正常工作狀態時，火災通風控制由區段控制中心工作站下達指令，不同區域發生火災時之不同通風指令儲存於區段控制中心工作站，當火警系統將某一地點發生火災之訊號通知區段控制中心工作站時，區段控制中心工作站執行所儲存對於該地點發生火災時之通風指令。
- (C) 當區段控制中心工作站無法下達指令時，則由通風空調控制器各自執行其火災之通風程式，不同區域發生火災時之不同指令儲存於各通風空調控制器。
- (D) 區段控制中心工作站及通風空調控制器之運作狀況訊號均傳送至坪控中心機電監控工作站，由機電人員 24 小時全時駐守監看。
- (E) 隧道內發生火災，通風運轉模式可分為兩個模式，第一為逃生模式，第二為排煙模式。
- a. 逃生模式：是要幫助人員逃離發生火災之隧道，此模式之第一個動作是關閉所有中繼風機及其附屬之風門以防止煙霧擴散至相鄰之隧道，送風機、排風機及噴流式風機之啟動或停止，則依照通風程式之指令，在單向交通運轉狀況時，必須能使發生火災地區之風速維持  $2\sim 4\text{ m/sec}$ （參考值）以強迫煙塵流向火災下游，因而可保護陷在火災上游處之用路人，但在火災地點上游 250 公尺內及下游 500 公尺

內之風機則不能啟動，以減少對煙層(Smoke Layer)之擾動，同時必須關閉火災隧道全部聯絡道之防火防煙閘門。

- b. 排煙模式：當陷在煙霧中之人員皆進入人行或車行聯絡隧道逃離，排煙模式必須由坪控中心人員啟動以減少高溫對設備所造成之損害並協助消防隊能快速救災，所有之送風機、排風機及噴流式風機必須啟動以產生較高之空氣流速。

(F) 當導坑發生火災時，則必須關閉所有位於導坑與機房或聯絡隧道相鄰處防火防煙閘門。

(G) 當管線廊道發生火災時，則必須關閉該管線廊道與機房或聯絡道相鄰處之防火防煙閘門。

(H) 防火防煙閘門動作情形可由坪控中心機電監控工作站監視。

#### D. 停電運轉狀況

由於緊急電源之容量有限，只能供應部份風機之運轉，因此全線（包括彭山隧道、南港隧道）之交通量約須控制在尖峰交通量之35%以下，以使隧道內之廢氣濃度不超過預先設定之標準。負責北上線（上坡）之送風機及排風機，可啟動並聯安裝之兩台中任何一台至全容量，但中繼風機則不須啟動。負責南下線（下坡）之風機則不必啟動，利用汽車活塞效應所造成之空氣流動即可達到降低隧道內廢氣濃度之需求。

#### E. 維修運轉狀況

(A) 當其中一孔隧道須封閉維修時，採取適當疏導措施以替代道路疏解車流。

(B) 維修中之隧道則應由控制系統依收集之信號指令啟動適當數量之風機，以使該隧道內之空氣品質達到規定。

- (6) 隧道內設置一氧化碳(CO)、氮氧化物(NOx)、能見度偵測器(VI)、風速風向偵測器及溫／濕度計，作為隧道通風控制之用，以保持隧道內部較佳之空氣品質與視線清晰度，確保行



車安全。

- (7) 平時依據 CO、NO、VI 之濃度，自動控制風機維持隧道內空氣品質及能見度。
- (8) 火災時，依預設模式自動啟動適當之風機緊急排煙，以利人員逃生及執行救援措施。
- (9) 雪山隧道通風系統之設施內容如表 2-5 所示。
- (10) 有關通風系統運作流程及各運轉模式之風機啟動設計如附件六所示，細部標準作業流程如「附件一、交控標準作業程序」及「附件二、降低隧道服務量計畫」，並由坪控中心人員操控。

表 2-5 雪山隧道通風系統設施內容一覽表

設施項目	設施內容說明
通風豎井	1. 共 3 組； 2. 每組各含進、排氣豎井一座，進、排氣(相隔約 50 公尺)分離。
通風機房	1. 共 3 處；配合進、排氣通風豎井設置，每處 2 座； 2. 作用：將隧道內污濁空氣經排氣豎井排出，新鮮空氣由進氣豎井引入隧道。
通風中繼站	1. 共 3 處；隧道北口 1 號豎井與 2 號豎井間、2 號豎井與 3 號豎井間、3 號豎井與隧道南口間各 1 處，每處 2 座； 2. 作用：兩孔隧道間較乾淨空氣之交換。
軸流式風機	1. 共 40 具，可變壓變頻控制轉速（風量）； 2. 3 處 6 座（進、排）通風機房每座 4 具，共 24 具； 3. 3 處 6 座通風中繼站每座 2 具，共 12 具。 4. 兩側洞口 2 處各 2 具，共 4 具，提供導坑與聯絡隧道通風系統進氣之用。 5. 依據所屬機電系統 7E 標特定條款規定，軸流風機之耐火溫度及時效為： (1) 洞口軸流風機：150°C，1 小時以上 (2) 排氣軸流風機：250°C，1 小時以上 (3) 進氣軸流風機：無規定（因係用於抽進外界新鮮空氣）
噴流式風機	1. 共 112 座； 2. 設置於隧道內車道上方。 3. 所屬機電系統 7E 標特定條款，無針對噴流式風機耐火溫度及時效之規定。
空氣品質偵測設備	1. NO <sub>x</sub> （氮氧化物）及 CO（一氧化碳）偵測器：偵測隧道內廢氣濃度； 2. VI（能見度）偵測器：偵測隧道內能見度； 3. 與監控系統連動，自動啟動風機排出污濁空氣。

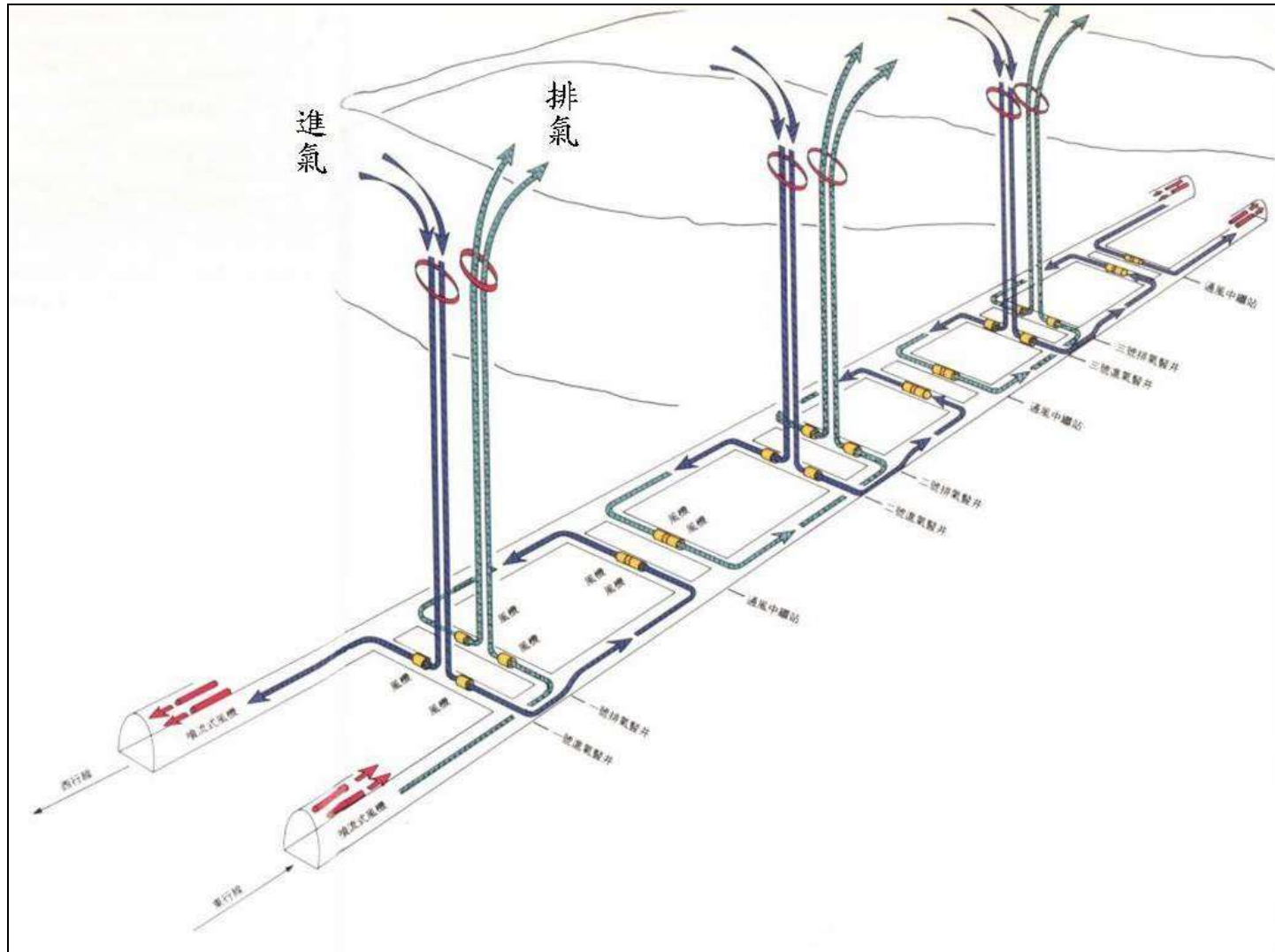


圖 2-6 雪山隧道通風系統示意圖

(六) 監控系統：(圖 2-7)

1. 隧道監控系統將隧道通風系統、照明系統、電力系統、消防系統、機房通風系統、機房空調系統及其他雜項機電設備等，均納入此系統作監視或控制。
2. 整條隧道均由坪控中心監視及控制，坪控中心的操作員可經由監控電腦，完整的看到機電設備之運作情形，立即掌握其現況，採取最佳之控制及其他必要措施。
3. 隧道監控系統除本身之自動控制功能外，發生緊急狀況時，亦可採取手動操作或遠方操作。
4. 坪控中心人員 24 小時駐守，以監控隧道內運作之正常與否。
5. 交控系統：為滿足事件管理有效掌握事件發生、結束等，隧道內配置多種偵測器，同時利用閉路電視系統監看以有效掌握整個隧道內之各類狀況及應變措施。車輛偵測器佈設密度為每隔 350 公尺一處配合事件自動偵測功能需求，使隧道內之事故可及早預知。緊急停車彎裝設長環路線圈車輛偵測器對於任何車輛停放可有效立即偵知。

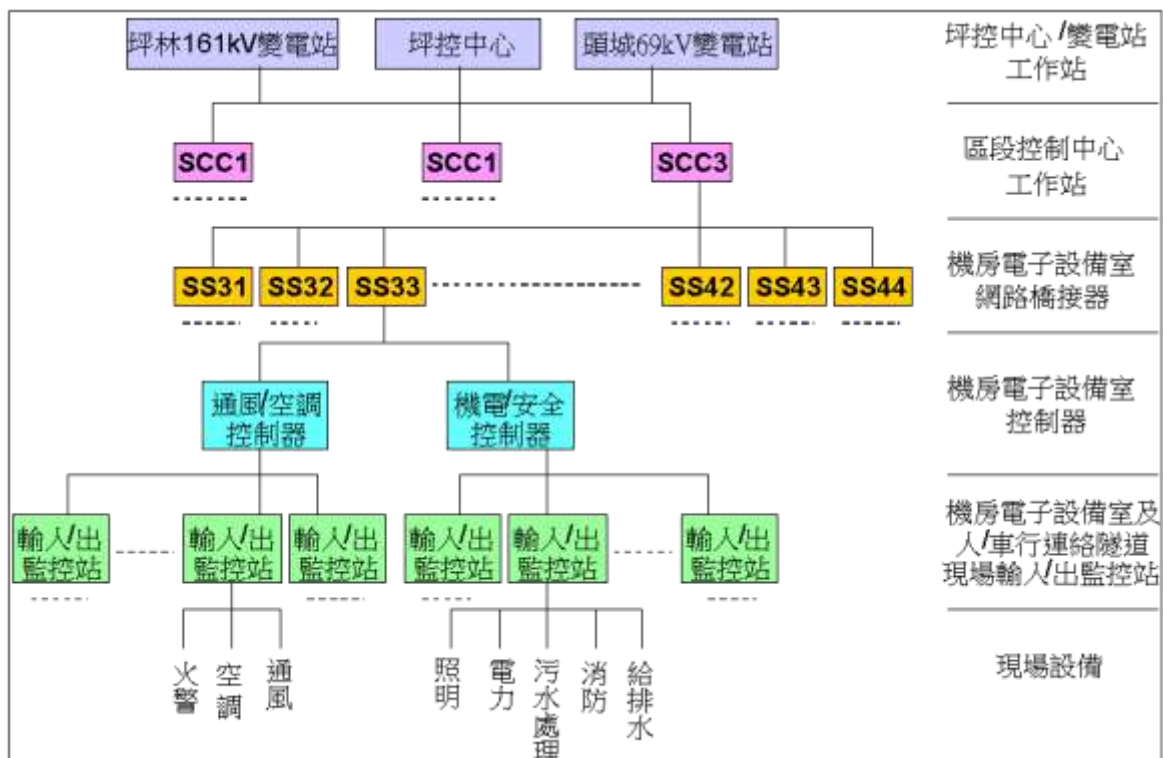


圖 2-7 國道 5 號機電監控系統架構示意圖

### 三、 交控系統

#### (一) 設置目的：

1. 自動偵測及收集（如機電系統、通報）事件資訊；
2. 啟動事件反應計畫；
3. 執行交通管制措施；
4. 顯示/發布交通或事件相關資訊。

#### (二) 系統運作架構

雪山隧道交控系統屬國道5號交控系統之一部分，整體營運及操作於坪控中心內執行，其系統運作架構如圖2-8所示。其運作方式為：

1. 路側資料收集系統及整合機電，或由人工通報獲得交通及事件資料及訊息；
2. 操作人員確認及輸入事件，事件反應計畫軟體產生管理策略，經操作人員確認，將各項控制策略及資訊透過資訊顯示、交通管制系統及隧道廣播等各路側設施，進行管制及告知用路人，並自動通報救援相關單位；
3. 整個交通資料及事件處理反應由中央電腦系統完成，各系統間由傳輸系統相連結；
4. 當緊急事故發生時，則可透過無線電話系統協調指揮工務段、公路警察、消防人員、自衛消防人員及事故處理人員協同運作。

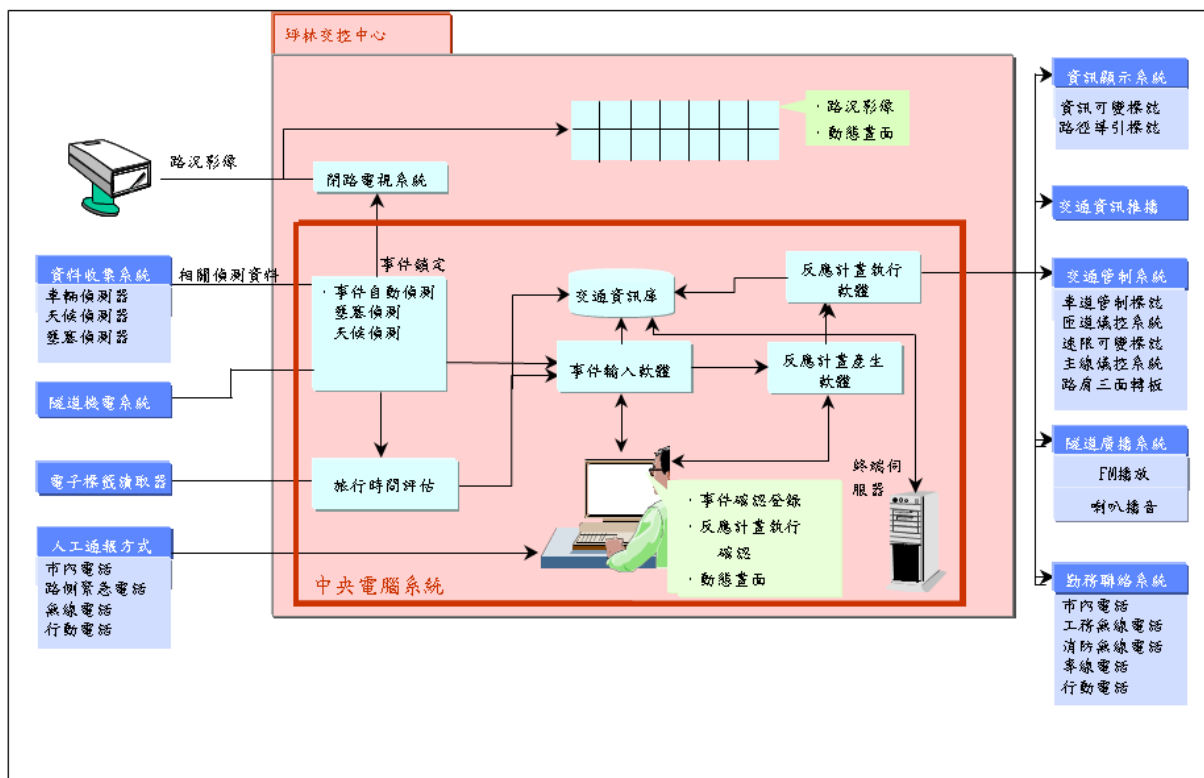


圖 2-8 交控系統運作架構示意圖

### (三) 系統設施：

#### 1. 交通資訊收集、通報顯示及交通管制系統

(1) 交控系統交通資訊收集、通報顯示及交通管制系統之各項終端設備及佈設原則如表 2-6。

(2) 雪山隧道交控終端設備之佈設位置如圖 2-9。

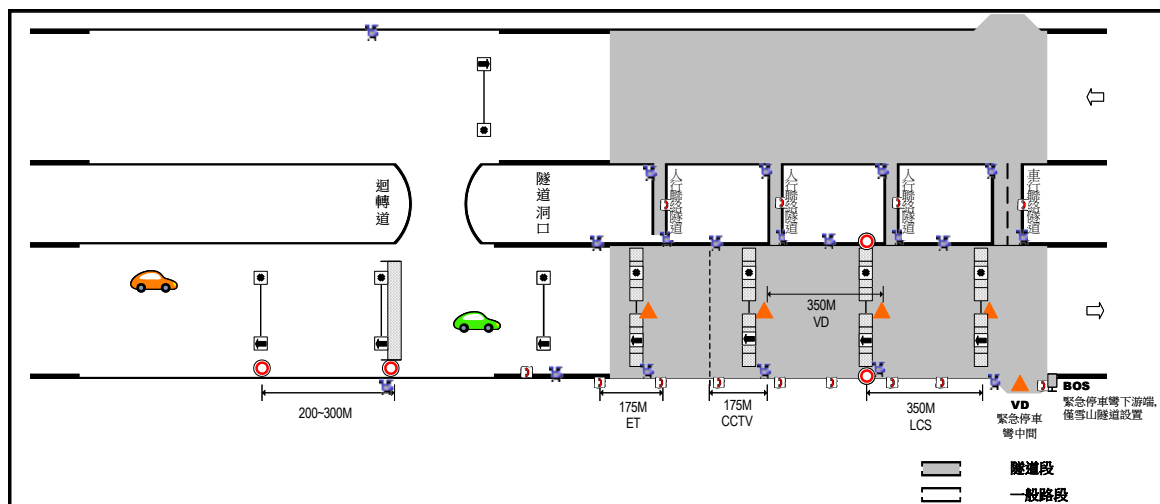
表 2-6 雪山隧道交控系統終端設備一覽表

子系統	設施項目	設置方式/位置
交通及事件資料蒐集系統	車輛偵測器(VD)	1.隧道內每隔 700 公尺
		2.緊急停車彎
		3.隧道出入口前後
	閉路電視攝影機(CCTV)	1.主隧道內間隔約 87.5 公尺一具
		2.隧道洞口外
		3.導坑與人車行聯絡隧道內
資訊通報顯示系統	緊急電話(ET)	1.隧道內每隔 175 公尺
		2.人、車行聯絡隧道內
		3.隧道內設於緊急停車彎下游端、內側適當位置
	資訊可變標誌(CMS)	2.隧道入口前與 LCS 共架
	FM 全頻廣播 <sup>(註1)</sup>	3.交流道出口前
		雪山隧道內全線設置

交通管制系統	號角喇叭	1.隧道內每隔 25 公尺
		2. 人、車行聯絡隧道內
	車道管制號誌(LCS)	1.隧道內每隔 350 公尺
		2.隧道洞口處
		3.迴轉道開口處
	速限可變標誌(CSLs)	1.隧道內適當位置
		2.進洞口前
	緊急阻隔柵欄 <sup>(註2)</sup>	1.隧道入口處；
		2.每隔 1,400 公尺一處（車行聯絡隧道）。

註 1：隧道內設置之全頻廣播系統，本局已製作隧道行車安全宣導廣播帶，用路人若行車中開啟收音機至 FM 頻道，於進入隧道時，即收聽到行車安全宣導廣播，若有緊急狀況時，坪控中心人員並將即時插播路況及交通管制資訊；

註 2：緊急阻隔柵欄係因應隧道救災所需而增設之設備，採軟性短臂式柵欄，洞口及隧道內車行聯絡隧道處之車道兩側各設置一套，亦可作為單車道管制之用；隧道內採前後交錯設置（設於緊急停車彎及車行聯絡隧道前端），另配合設置閃光警示燈及告警音響；可由交控系統工作站遠端控制，或現場手動控制。



註：各項設備名稱及位置參照表 2-6

圖 2-9 雪山隧道交控終端設備佈設位置示意圖

## 2. 坪控中心

坪控中心係為監視、控制及管理國道 5 號（包括雪山隧道）各項交控及機電設施運作而建置之，為發揮監控管之功能，坪控中心由中央電腦系統、操控介面及傳輸系統所構成。

### (1) 中央電腦系統

A. 由電腦硬體及軟體所組成，整合資料收集、交通管制、資訊顯示、通信傳輸等交控子系統，為交控系統之核心系統，主



要安裝於坪控中心及各載波機房。

**B. 硬體設備包括：**

- (A) 電腦：主電腦、多功能控制電腦、影像事件偵測伺服器、影像廣播伺服器、投影伺服器。
- (B) 周邊設備：全整合式監控工作站、印表機、閉路電視工作站、磁碟陣列、影像編碼器。
- (C) 網路：線上交通資訊伺服器、全球資訊網伺服器、全球資訊網影像伺服器、區域網路監控工作站、區域網路交換器、防火牆、CWDM 影像傳輸設備、四路分配放大器。

**C. 軟體區分為：**

- (A) 系統軟體：作業系統、資料庫系統、工具軟體與套裝軟體。
- (B) 交通控制軟體：配合交通控制需求所發展之應用軟體，包括資料收集、事件自動偵測、緊急電話、閉路電視監視、事件輸入、反應計畫產生、反應計畫執行、交通資訊推播、速限可變標誌、霧區閃光黃燈、車道管制號誌、匝道儀控、主線儀控、資訊可變標誌顯示、隧道事件監視、隧道現場連動、設備監視維護、系統管理、歷史資料統計分析、報表管理、操作排程、交通動態畫面顯示、投影顯示、通訊集訊器通訊控制、線上交通資訊庫、線上交通資訊交換、全球資訊網伺服等軟體。

**(2) 操控介面系統**

坪控中心於二樓設置控制室，建置各項操控介面設備，以提供坪控中心人員監視及操控各項交控及機電設施，依功能分類如表 2-7 所示。

交控系統所建置之全整合式工作站(FIWS)具有以下之操作特性：

- A. 圖形介面、中文顯示。
- B. 操作人員於個別之全整合式工作站，即可完成各種交通控制管理動作（惟一般規劃為操控人員於指定工作站，操作指定

之交通控制項目)。

- C. 同一操作視窗元件可隨操作前後順序自動顯示為可操作或無法操作狀態，防止操作錯誤。
- D. 各功能視窗操作程序及方式採一致性、視覺化設計(所見即所得)。
- E. 依系統需求設定之自動顯示螢幕畫面有待人為確認者，另加聲響訊號發出警告訊息，提醒操作人員進行處理。
- F. 操作介面具備自動檢驗資料功能，篩選過濾可能造成嚴重後果之不適當資料。

表 2-7 坪控中心操控介面設備一覽表

功能分類	操控介面
監視與警報功能	1. 圖誌顯示系統：由 4X7 面 60 吋 DLP 組成電視牆，可顯示各工作站內容，亦可調撥閉路電視影像； 2. 閉路電視監視牆；
監視與操作功能	全整合式監控工作站； 閉路電視操作盤； 閉路電視細覽監視器； 隧道監控工作站（隧道機電系統提供）； 設備監視工作站； 門禁管制工作站 <sup>(註)</sup> 。 廣播工作站； 匝道及主線儀控
接收事件通報與聯絡功能	緊急電話中繼台； 無線電話派遣台； 隧道廣播工作站。
其他功能	網路印表機。

### (3) 傳輸系統

傳輸系統係用以連接資料收集系統、資訊可變標誌系統、交通管制系統、閉路電視系統、有線電話系統、隧道區廣播系統、無線電話系統及中央電腦系統等，以傳輸數據、語音及影像訊號。

傳輸系統包括幹線傳輸 (Backbone Transmission) 與區域傳輸 (Local Transmission) 兩主要部分，幹線傳輸係指載波機房間之傳輸，區域傳輸係指各終端設備與載波機房間之傳輸。

## 3. 通信系統

### (1) 有線電話系統

國道 5 號之有線電話系統包括緊急電話及專線電話兩系統，其

架構如圖 2-10。

- A. 緊急電話系統：緊急電話機設置於一般路段外側、隧道外側緊急電話凹槽、聯絡隧道內，提供救援單位、用路人或維護人員與控制中心之通信。
- B. 專線電話系統：專線電話機設置於公路警察、頭城工務段、坪控中心、各處機房、事故處理班、自衛消防駐點、保全管制站及控制室，供管理單位內部及各救援單位通信之用，並可與各區養護工程分局及局本部通信。

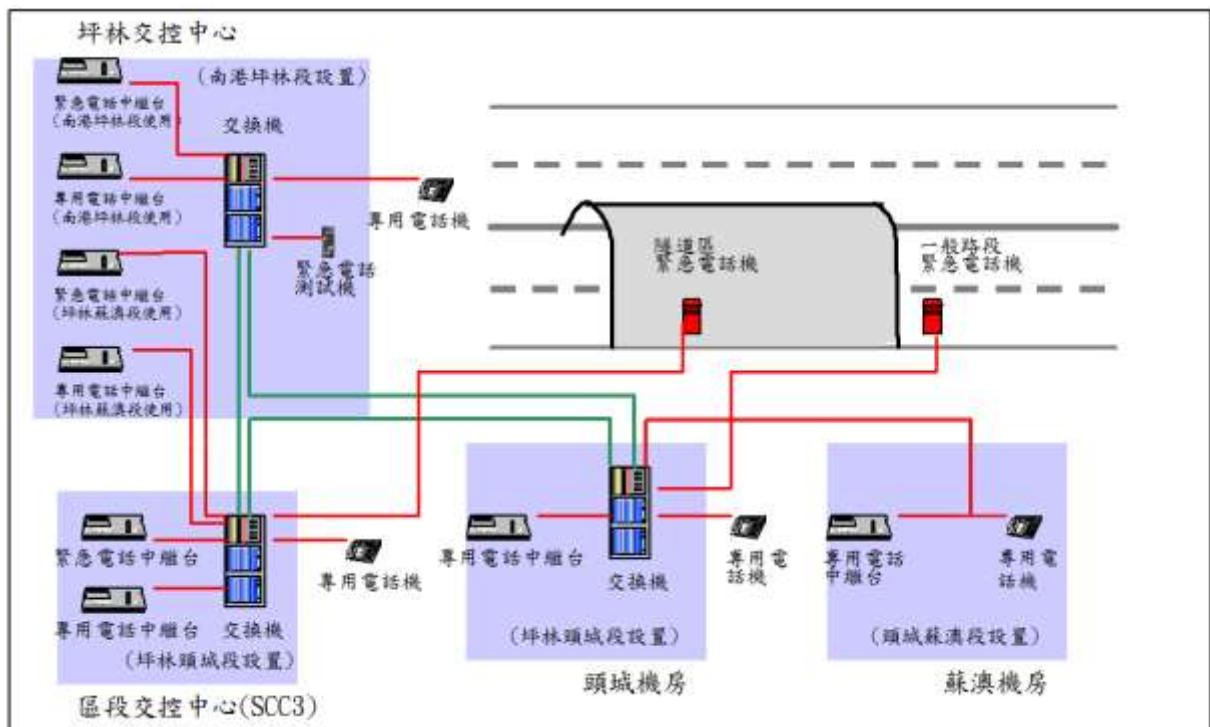


圖 2-10 有線電話系統架構圖

## (2) 無線通信系統

### A. 國道專用 UHF 無線電通信系統

- (A) 隧道內及導坑設置漏波電纜及無線電中繼台。
- (B) 5 個專用 UHF 無線電通信系統頻道，建置同頻共波式系統，並可與有線電話系統聯繫。
- (C) 除高公局、公路警察局公務車輛及兩端縣、市消防分隊消防車配置車裝台，高公局養護、緊急救援人員、事故處理班、自衛消防人員等配發手持台外，手持台亦可提

供其他相關單位臨時使用。

(D) 公路警察局相關隊部、分隊與小隊配置固定台（車裝台設備固定地點使用），以指揮調度轄區之巡邏車。

(E) 坪控中心之無線電派遣台，整合公路警察局、新北市與宜蘭縣政府消防局無線電頻道之收發語音，加強緊急救災時各單位間橫向連繫。

(F) 透過光纖傳輸方式於北分局設置中繼台，建立坪控中心與北分局無線電通信系統，俾於市話或專線電話中斷時兩地之維繫通信。

#### B. 消防用 VHF 無線電通信系統

(A) 雪山隧道兩側之頭城工務段與坪控中心增設消防頻道用轉播站，隧道內輔助機房設置轉播站，藉隧道內漏波電纜連繫隧道內外之無線電通信。

(B) 新北市政府消防局與宜蘭縣政府消防局使用同一頻率，供雪山隧道內消防車與消防指揮中心連繫。當事故發生時可藉坪控中心無線電派遣台與公路警察單位及高公局北分局橫向連繫。

#### C. 國道 5 號公路警察局專用 VHF 無線電通信系統

(A) 國道 5 號全線建置 VHF 無線電通信系統。

(B) 雪山隧道內已設置之消防用漏波電纜，增設公路警察局專用 VHF 頻段之設備（一套漏波電纜同時容納兩個系統使用）。

(C) 平時提供公路警察局勤務指揮中心與巡邏車間聯絡使用。當事故發生時可藉坪控中心無線電派遣台與消防救援單位及高公局橫向連繫。

D. 坪控中心無線電派遣台：可統一指揮調度國道專用 UHF 各頻道之通話外，並將公路警察局 VHF 頻道及消防單位 VHF 頻道之收發語音納入橫向連繫。

(3) 行動電話通信：隧道內設置有漏波電纜，並由民營電信業者於雪山隧道適當地點共構設置基地台，民眾可於隧道內使用行動

電話。

- (4)隧道、人車行聯絡隧道、導坑等設置 YAGI 天線，作為當既設漏波同軸電纜斷訊時，可立即切換替補漏波電纜，維持無線電通訊功能。

#### 四、機電與交控系統整合運作

- (一) 整合運作方式：機電及交控系統之整合運作方式，主要為透過整合介面進行資料交換，以啟動必要之設施。其架構如圖 2-11 所示。

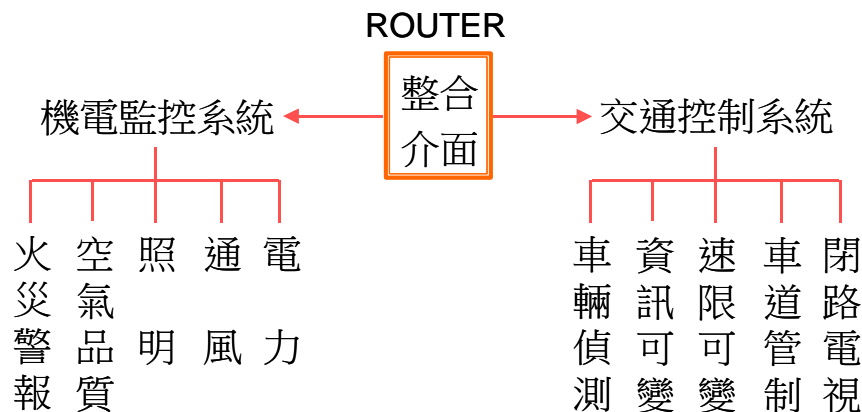


圖 2-11 機電及交控系統整合運作架構

- (二) 交控系統提供隧道機電系統資料

1. 交通資料：包括隧道內交通量、車速等資料，通風系統整合空氣品質資料後，據以執行適當之通風模式。
2. 天候資料（非隧道路段）：於濃霧事件發生及事件結束時傳送資料，照明系統據以啟閉照明。

- (三) 隧道機電系統提供交控系統資料

1. 火警資料：於事件發生及回復時，傳送隧道名稱、火警分區、地點等資料，交控系統據以啟動事件反應計畫，執行必要的交通管制、資訊顯示設施。
2. 空氣品質資料：於廢氣濃度或達到臨界值時，傳送 CO（一氧化碳）、NO（一氧化氮）、VI（能見度）值及地點、聯絡隧道編號、事件種類等資料，交控系統據以啟動事件反應計畫，執行必要的交通管制、資訊顯示作為。

3. 照明、配電、機房門禁、聯絡隧道門禁資料：傳送發生異常狀況之狀態及地點等資料，由交控系統警示維護人員處理或執行必要之資訊顯示作為。

## 五、自動執法設施

### （一）設置目的

因應雪山隧道道路環境特性，國道公路警察局已在 106 年 6 月 15 日於雪山隧道建置自動化執法系統，其設置目的為：

1. 整合科技、資訊及網路之技術，使執法工作自動化；
2. 經由持續性的自動化執法，提昇隧道內執法強度，防制意外事件發生，確保行車安全。

### （二）系統運作架構

配合前端偵測及蒐證系統採數位化設備，建置後端管理系統用以整合雪山隧道內數位化設備，可管理及監控相關設備，並做違規案件資料管理、儲存備份。

系統分為前端偵測及蒐證、資料傳輸及後端資料處理 3 個子系統，系統架構詳如圖 2-12 所示。

### （三）設施諸元

雪山隧道自動執法系統之各項設施如表 2-8 所示，其中前端偵測及蒐證子系統之特性如下：

1. 設置位置：緊急避車彎處隧道壁或垂直路面之隧道頂部；
2. 偵測及蒐證違規項目：超（低）速、未保持行車安全距離及變換車道；
3. 超速及未保持行車安全距離違規為現點偵測蒐證方式；變換車道違規偵測區段擴大至蒐證單元可以涵蓋且可清晰辨識車牌之範圍；
4. 超速及變換車道違規以拍攝靜態影像為原則；未保持行車安全距離違規除拍攝違規當時靜態影像外，需佐證違規前後 1.5 秒鐘以上之動態影像；
5. 各偵測蒐證單元可獨立或整合數個偵測單元執行超速、未保持行車安全距離及任意變換車道之違規偵測及蒐證；
6. 蒐證單元輔助燈光使用不可見光之紅外線閃光燈（IR Flash）或不影



響行車安全之可見光閃光燈；

7. 可永續自動執法，並將違規蒐證資料，以電子影像檔案，傳輸回後端資料處理中心。
8. 偵測器確認違規行為後啟動蒐證單元拍攝動、靜態違規影像資料，其影像可涵蓋違規車輛全車身，並可經由目視或軟體清晰辨識車牌。
9. 具備自我診斷功能，異常時啟動警訊。
10. 各偵測單元攝影鏡頭應具備防污功能。

表 2-8 雪山隧道自動執法設備一覽表

項目				數量
前端偵測及蒐證子系統	單元	設備名稱	每單元數量	16
	偵測單元	偵測器或啟動器	設置數量視系統設計。	
	蒐證單元	數位靜態攝影機	至少每一車道設置 1 架，解析度 1280×1024 像素以上。	
		數位動態攝影機	至少架設 1 架，解析度 700×500 像素以上。	
		閃光燈	至少一架。	
	Local 端主機控制單元			
傳輸子系統	網際網路交換器		16	
後端資料處理子系統	中心端交換器			1
	應用程式及資料庫伺服器			1
	資料統計、備份伺服器			1
	防火牆			1
	路由器			1
	網路管理系統			1
	後端管理及違規案件入案系統			1

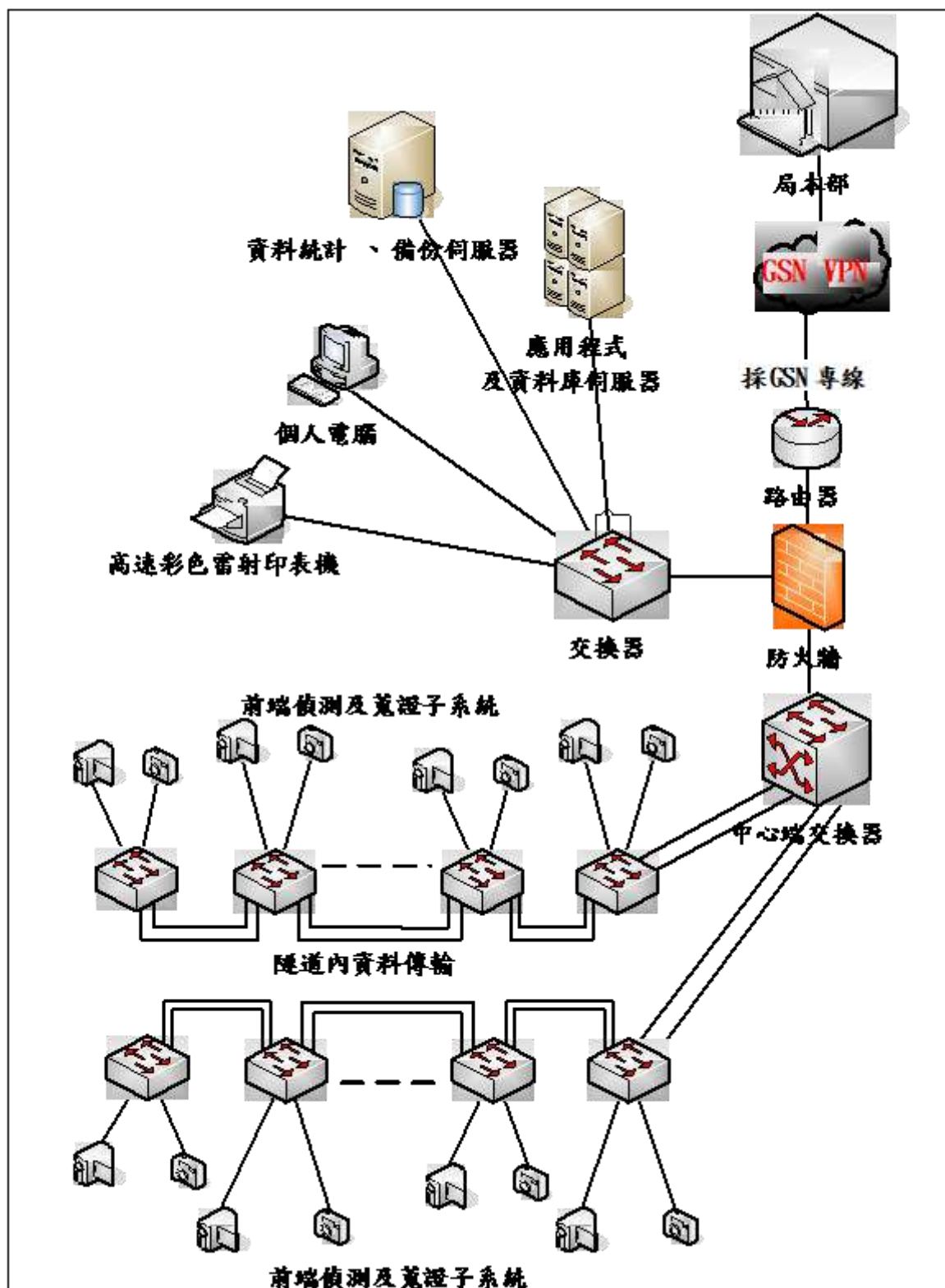


圖 2-12 雪山隧道自動執法系統架構圖