

# 雪山隧道電氣工程系統設計理念簡介

李宏徹<sup>1</sup> 許德清<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國道新建工程局設施組組長

<sup>2</sup> 中興工程顧問有限公司電氣部組長

雪山隧道電氣系統之設計主要在提供一個穩定、可靠及安全之通車環境，讓用路人可安全舒適的通過雪山隧道。因此雪山隧道電氣系統之設計包含有電力系統、照明系統、火警系統及監控系統。而電力系統包含有坪林 161KV/23.9 KV 及頭城 69KV/23.9 KV 特高壓變電站，再由特高壓變電站饋供至雪山隧道內之 23.9KV 配電線路，以供給隧道內 14 個 23.9KV/380-220V 之高壓變電站，而隧道內之各項設備如隧道照明、火警、通風及空調、給排水、監控及交通控制等設備，均由隧道內分段設置之 14 處 23.9KV/380-220V 之高壓變電站提供。另為提高供電之可靠度於坪林及頭城特高壓變電站內，分別設置有 2 台 2000KW 之緊急柴油發電機及 UPS 緊急不斷電系統，以供給隧道內緊急照明、火警、消防、通風、監控及交通控制等維生設備，以提供雪山隧道於更可靠安全之駕駛環境。

## 一、 電力系統

雪山隧道是北宜高速公路隧道群中之東段，即坪林到頭城。而雪山隧道之電力系統是北宜高速公路隧道群中之一部分，因此討論雪山隧道之電力系統，必須從北宜高速公路隧道群之整體電力系統來考量。

北宜高速公路隧道群是由南港、石碇、烏塗、彭山及雪山等隧道組成，含隧道群間之路工段全線長約 31 公里，其中南港隧道長約 456 公尺，內含 1 處高壓變電站。石碇隧道長約 2720 公尺，內含 2 處高壓變電站。烏塗隧道長約 248 公尺，內含 1 處高壓變電站。彭山隧道長約 3865 公尺，內含 4 處高壓變電站。雪山隧道長約 12957 公尺，內含 14 處高壓變電站。全線設有石碇及頭城交流道與一處坪林行控中心專用道，並於頭城交流道附近設有一處收費站，於石碇交流道附近設有一處休息站。另因全線管理需求於坪林設有行車控制中心，內含 1 處高壓變電站。於頭城設有工務段及公路警察隊，內含 1 處高壓變電站。

就北宜高速公路之整體電力系統於設計初期，必須先統計整體用電需求，再

依臺灣電力公司營業規則選定供電電壓，填寫新增設用電及躉售電力計畫書向臺電掛號申請，並依工址現場條件與臺電協調會勘決定供電及受電地點。

雪山隧道輸配電系統規劃於頭城交流道區內設置一處 69KV 變電站，由台電 69KV 單回路受電，正常時供電雪山隧道 NO.2 通風站及中繼站以東之負載，而於坪林交流道區內設置一處 161KV 變電站，由台電 161KV 雙回路受電，正常時供電雪山隧道其餘所有負載。為增加本輸配電系統供電之可靠性，上述頭城 69KV 變電站及坪林 161KV 變電站二處特高壓變電站規劃為可互相支援之供電系統，即當其中一處變電站發生故障無法供電或台電停止供電時，另一處變電站仍可全容量支援其所供電之負載。因此，頭城 69KV 變電站及坪林 161KV 變電站之變壓器容量均規劃為可供應雪山隧道全線之負載容量。

為增加輸電線路之供電可靠性，隧道內各 22.8KV 變電站，均分別由頭城 69KV 變電站及坪林 161KV 變電站降壓 23.9KV 後，以雙回路 23.9KV 饋線環路配電方式供電。另為坪林行控中心用電之需要，於行控中心大樓內設置 SS26 變電站，由坪林 161KV 變電站之 23.9KV 饋線雙回路供電。並為頭城工務段用電之需要，於頭城工務段管理大樓內設置 SS51 變電站，由頭城 69KV 變電站之 23.9KV 饋線雙回路供電。

### **(一) 頭城 69KV 變電站**

頭城 69KV 變電站設置於頭城交流道區域內，由台電以 69KV 單回路架空線路引接至#42 鐵塔後再經台電之轉接站改由 69KV 地下電纜，引進至 69KV 變電站內。本變電站所設計之變壓器容量係考慮當坪林 161KV 變電站發生故障無法供電時，仍可支援其所供電之負載，因此變壓器選用較正常供電所需容量為大之 24/30MVA。經此變壓器降壓後，以 23.9KV 系統供應全線 22.8KV 變電站用電。

### **(二) 坪林 161KV 變電站**

坪林 161KV 變電站設置於坪林交流道區域內，由台電以 161KV 雙回路地下電纜，引進至 161KV 變電站內。本變電站所設計之變壓器容量係考慮當頭城 69KV 變電站發生故障無法供電時，仍可支援其所供電之負載，因此變壓器選用較正常供電所需容量為大之 24/30MVA。經此變壓器降壓後，以 23.9KV 系統供應全線 22.8KV 變電站用電。

### **(三) 全線 23.9KV 供電線路**

全線 23.9KV 供電線路，以 25KV 1/C 250m m<sup>2</sup> XLPE 非接地型電力電纜，將 69KV 及 161KV 變電站降壓後之 23.9KV 電力，以環路供電方式輸送至沿線各 22.8KV 變電站 (用電地點)，此 25KV 1/C 250m m<sup>2</sup> XLPE 非接地型電力電纜於隧道段佈設於隧道內東、西向線之管線廊道，而於開放路段則僅佈設於西向線之地下電力管群或西向線之橋梁箱涵內。

#### **(四) 緊急送電**

本輸配電系統頭城 69KV 變電站及 161KV 變電站之供電可互為備援，以增加全線電力系統供電之可靠性，同時，兩變電站內各設有兩台 3 $\phi$  3W 4160V 2000KW 柴油發電機供應各轄區緊急用電負載之需，以提高隧道行車安全。

#### **(五) 69KV 及 161KV 變電站正常供電情況下之轄區供電範圍**

全線電力系統於正常供電情況下，頭城 69KV 變電站負責供應雪山隧道 2 號通風站以東之所有變電站用電，亦即"SS37"~"SS51" 922.8KV 個變電站，而坪林 161KV 變電站供應坪林隧道 2 號通風站以西之所有變電站用電，亦即"SS31"至"SS37" 7 個 22.8KV 變電站。69KV 及 161KV 變電站之 23.9KV 系統，則經由設置於"SS37"及"SS38"變電站內之環路供電系統負載啓斷開關 (常開) 作為供電分界，或在必要時作為電力轉供之聯絡開關用。

#### **(六) 任一 69KV 或 161KV 變電站短時間故障或停電時**

任一 69KV 或 161KV 變電站之故障或停電時間如不超過半天者，謂之短時間故障或停電，則裝設於停電或故障變電站之柴油發電機組，將自動起動供應該轄區之緊急負載用電 (ESSENTIAL LOAD) 之需，並將一般負載 (NON-ESSENTIAL) 卸載停止供電，直至該變電站恢復正常供電為止。至於另一未故障或停電之變電站，則繼續維持正常供電狀態。

#### **(七) 任一 69KV 或 161KV 變電站長時間故障或停電時**

任一 69KV 或 161KV 變電站之故障或停電時間如超過半天者，謂之長時間故障或停電，則裝設於停電或故障變電站之柴油發電機組，將自動起動供應該轄區之緊急負載用電 (ESSENTIAL LOAD) 之需，並將一般負載 (NON-ESSENTIAL) 卸載停止供電，為避免隧道長時間停電影響公路隧道之正常通車運作，此時全線之

供電系統須考慮由另一未故障或停電之變電站接管全線之電力供應。停電側負載之轉供可藉由操作 "SS37"及"SS38" 變電站內環路供電系統之常開 (N.O) 負載啓斷開關(LBS)閉合(CLOSE)而完成。電力轉供後，全線電力系統依正常供電需求運作。

## (八) 69KV 及 161KV 兩變電站皆故障或停電時

69KV 及 161KV 兩變電站皆故障或停電時，各變電站設置之兩台 3 $\phi$  3W 4160V 2000KV 柴油發電機組將自動起動並聯,供應各轄區緊急負載用電 (ESSENTIAL LOAD)之需，唯"SS37"及"SS38"之轉供開關仍維持開啓(OPEN)狀態。至於非緊急負載(NON-ESSENTIAL LOAD)，將由電腦監控系統自動予以卸載停止供電。同時電腦監控系統亦將負責監視及管制各供電轄區緊急負載之總用電量，避免總用電量超過發電機組之可供電容量。

## (九) 全線 22.8KV 供電線路及變電站

### 1. 全線 22.8KV 供電線路

全線高壓供電系統為 22.8KV 中性點非接地型配電系統,故選擇採用 25KV 非接地型電力電纜配線,將位於頭城 69KV 及坪林 161KV 變電站降壓後之 23.9KV 電力,以雙回路環路方式輸送至沿線各 22.8KV 變電站 (用電地點)。此雙回路 25KV 非接地型電力電纜,為增加其供電可靠性,於隧道段將雙回路電纜分別佈設於隧道內東、西向線管線廊道內之電纜架上,而於開放路段則配合土木標預埋管群,將雙回路電纜均佈設於西向線之地下電力管群或西向線橋梁箱涵內之電纜架上。

### 2. 全線 22.8KV 變電站設計

- (1) 本公路所有 22.8KV 變電站,除坪林行控中心變電站 (SS26)座落於坪林交流及頭城工務段變電站(SS51)座落於頭城交流道外,其餘全部均規劃設置於隧道之東、西洞口及隧道內。坪林行控中心及頭城工務段等變電站主要提供一般建築物內設施之供電,其餘隧道內及東、西洞口等變電站主要提供隧道內之照明、通風、空調及交控系統等電源。
- (2) 為提高變電站內配電系統之供電可靠性,除坪林行控中心變電站及頭城工務段變電站採 22.8KV 單變壓器一次手動選擇型供電外,其他各變電站則均設置兩台 22.8KV 變壓器,每台變壓器各由不同 22.8KV 饋線環路供

電並採用兩組負載切換開關及一只斷路器(GCB) 做單環路一次手動選擇型供電。

- (3) 除坪林行控中心變電站及頭城工務段變電站外，所有變電站均設計有兩台 22.8KV 變壓器，於正常運轉下,每一變壓器各自供給所連接之負載，當有任何一台變壓器停電或故障時，則可藉低壓側之連結空氣斷路器 (TIE BREAKER) 用手動或經遠方遙控切換至另一正常側,故變壓器之設計容量以考量同時供電二側全容量方式設計，並為減少變壓器之體積及考慮隧道內變壓器之防火需求，而選用乾式無油之模鑄型變壓器。

#### (十) 緊急柴油發電機供電系統

1. 於台電停電時，為供應雪山隧道與公路部份所有緊急照明、安全、交通控制及通訊有關系統之需要,分別於坪林 161KV 及頭城 69KV 變電站各設置二組 2000KW 可並聯運轉之緊急柴油發電機組，以便萬一坪林 161KV 變電站或 69KV 變電站停電時,可以緊急支援供電。
2. 緊急柴油發電機供電系統以 3φ3W 4160V 輸出,經同步並聯控制後,由 4160V / 23.9 KV 升壓變壓器升至 23.9KV 並供電至各變電站，再降壓供電至所需要緊急供電之負載。
3. 由緊急柴油發電機供電之負載如下:
  - (1) UPS 供電之負載
  - (2) 隧道內緊急排煙機系統
  - (3) 隧道洞口新鮮空氣送風機系統
  - (4) 消防泵
  - (5) 通訊及交控系統
4. 緊急柴油發電機供電之持續時間依基本設計要求為 24 小時,故貯油槽容量之設計為不小於 7500 加侖，並考慮安全因素採地下埋設儲油方式設計。
5. 當坪林 161KV 變電站或頭城 69KV 變電站之任何一變電站停電時,停電一方變電站之柴油發電機組必需起動運轉，由於柴油發電機組僅能提供 4000KW 之負載容量，故當並聯控制系統並聯運轉成功後，必須送出信號予空調及通風系統及非緊急負載(Non-Essential) 作卸載分配,。當停電一方變電站恢復供電時，則經機電監控系統操作後，恢復正常供電。

## (十一) 不斷電電源(UPS)供電系統

於台電停電期間，且緊急柴油發電機尚未完成起動供電之短時間內，為顧慮行車安全或隧道內發生火警時逃生之需要，某些重要負載如隧道內緊急照明與安全逃生設施、交控設備、通訊設備及監控系統設備等需由 UPS 供電，以維持連續不間斷之功能。

## 二、 隧道照明系統

### (一) 設計準則

–Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting, publication CIE No.30 (TC-4.6), 1976.

–Guide for lighting of road tunnels and underpasses, publication CIE No.26/2, June 1990.

### (二) 車道輝度基準北宜高速公路之路線設計標準

採用行車速率為 80km/hr，D 級服務水準(交通流量為 1850 車當量/車道/小時)，而依 Publication CIE No.26/2 之建議，在行車速度 80km/hr，車流量大於 1000 車當量/小時之條件時，隧道內各區之平均輝度值及距離應設定如下：

1. 進口區(Access Zone)：根據 CIE 之推薦值採用  $4000\text{cd/m}^2$ 。
2. 境界區(Threshold Zone)：輝度基準為  $200\text{cd/m}^2$ ，但本設計使用 Counter Beam 作為加強照明，輝度基準則降為  $120\text{cd/m}^2$ ，前段距離為 50 公尺，另後段輝度基準採用  $60\text{cd/m}^2$ ，距離為 50 公尺。
3. 漸變區(Transition Zone)：分二段，前段輝度基準採用  $30\text{cd/m}^2$ ，距離為 50 公尺，中段輝度基準採用  $15\text{cd/m}^2$ ，距離為 50 公尺。
4. 內部區(Interior Zone)：輝度基準採用  $6\text{cd/m}^2$ 。
5. 出口區(Exit Zone)：分二段，前段輝度基準採用  $15\text{cd/m}^2$ ，距離為 30 公尺，後段輝度基準採用  $30\text{cd/m}^2$ ，距離為 30 公尺。

### (三) 車道照明燈具型式及佈置方式

由於全線隧道超過三公里以上，因此為求有較佳之均勻度及避免產生閃(flicker)效應,選用 40W×2 日光燈作為內部區照明燈具。燈具之佈置方式置於隧道正中央，可獲得最佳之均勻度及良好之導車效果，但對於二車道之隧道，若佈置於隧道正中央，則當需要維修時，會造成二車道之交通順暢受到影響，因此隧道照明燈具往內車道移動 50 公分，而均勻度及導車效果同樣可符合要求，維修時亦僅封閉一車道即可。因此為達隧道內之輝度要求，而依下列之佈置方式設置。

1. 內部區: 以 40W×2 日光燈，間隔 1.9m，離中心線左邊 50 cm 作直線式排列。
2. 境界區 1：除上述 40W×2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 400W×1 逆照式(COUNTER BEAM)高壓鈉氣燈，間隔 2m，離左右車道邊緣各 1m 作交錯式排列。
3. 境界區 2：除上述 40W×2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 400W×1 逆照式高壓鈉氣燈，間隔 4.6m，離左右車道邊緣各 1m 作交錯式排列。
4. 漸變區 1：除上述 40W×2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150W×1 逆照式高壓鈉氣燈，間隔 3.6m，離左右車道邊緣各 1m 作交錯式排列。
5. 漸變區 2：除上述 40W×2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150W×1 逆照式高壓鈉氣燈，間隔 10m，離左右車道邊緣各 1m 作交錯式排列。
6. 出口區 1：除上述 40W×2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150W×1 對稱式高壓鈉氣燈，間隔 5.4m，離左右車道邊緣各 1m 作交錯式排列。
7. 出口區 2：除上述 40W×2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150W×1 對稱式高壓鈉氣燈，間隔 1.8m，離左右車道邊緣各 1m 作交錯式排列。

#### (四) 裝設方式

1. 隧道內全部區域以長條狀 40W×2 之日光燈具，安裝於既設之電纜架下方，位置為離中心線左邊 50 cm 處，高度為離地面 5 公尺。
2. 境界區、漸變區及出口區等三區以高壓鈉氣燈，安裝於既設之電纜架下方，位置為離車道邊緣 1 公尺，高度為離地面 5 公尺。

#### (五) 照明控制方式

隧道入口區之加強照明區分成境界區及漸變區二區，但依 CIE 之規定二區平均輝度值之變化不可超過 3:1，因此將此二區又再區分成二小區，使每一小區之

平均輝度變化皆在 3:1 以內，故在白天裡入口區加強照明(高壓鈉氣燈份)共分爲四個階段分別受洞外輝度計的控制。至於隧道內部區 40W×2 日光燈之控制，除了配合洞外之輝度控制外，亦考慮夜間車輛減少時，可以控制燈具節省能源，因此將內部區規劃分成三階段控制。其中第三階段受洞外之輝度計控制，但於夜間時，洞外輝度大約在 2cd/ m<sup>2</sup>，因此藉由電腦提供之計時器來控制 40W×2 日光燈具內一支燈管之明滅，以作為第二階段之照明，本階段可獲得約 3cd/ m<sup>2</sup> 之輝度值，同時不影響均勻度，使駕駛人進洞內時，不會因有明暗變化太大而造成眼睛適應之困難。最後爲達節省能源之目的，深夜時刻且車輛少之情況下，以五盞日光燈具點亮一支燈管作為深夜照明，輝度值達 0.6cd/m<sup>2</sup> (即基本照明的十分之一)，同時亦將本階段之照明規劃爲緊急照明。

綜合上述，本隧道照明採用回路點滅控制方式設計，共分七個階段控制，白天將隧道洞外亮度偵測器之偵測值。傳送至輸入／輸出監控站(I/O STATION)，監控電腦將依該偵測值與所設定範圍值比較自動控制各階段之點滅，晚上則由監控系統電腦主機之計時器(Timer) 依照時間設定，點滅照明階段。各階段點滅設定範圍如下表所示：

照明點滅控制		洞外輝度值(cd/ m <sup>2</sup> )	
階段	區分	點燈	滅燈
7	白天 1	3000 以上	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

#### (六) 供應電源方式及導線材質之選用

上述照明控制之第二至第七階段所連接之燈具均接至 3φ4W+1E 380V/220V 之一般電源。因導線直接暴露於隧道上方，爲避免因火災時電纜起火燃燒放出有毒之濃煙，而影響隧道內用路人之安全，因此採用低煙無毒(LSFH) 之電纜。至於第一階段之照明燈具，則接至 3φ4W+1E 380V/220V 之不斷電系統電源，而採用之電纜要求亦同上述。但因本階段照明兼作緊急照明之用，爲使發生火災時不



致斷電，則設計選用耐火低煙無毒電纜(FIRE RESISTANT LSFH CABLE)。

### (七) 特殊情況之照明方式

當隧道內有火警發生或能見度超過 0.007m 時，則由監控系統控制將所有七階段照明全部打開，使增加能見度範圍，以確保用路人及車輛之安全。

### (八) 聯絡隧道照明

聯絡隧道之照明採用 40W×2 日光燈，其照度基準為 150 lux，採回路點滅 (Switched On / Off) 自動控制方式，即當人員或車輛進出聯絡隧道時，可藉由人員／車輛偵測器來測知，並自動地點滅這些燈具，另在聯絡隧道入口也設有三路手動切換開關供用路人自行手動切換使用。而全部之燈具為考慮緊急照明之需要皆接至不斷電系統(UPS)。

### (九) 隧道內管線廊道照明

管線廊道之照明採用 40W×2 日光燈，其照度基準為 100LUX，採用現場手動或遠方遙控模式經由輸入／輸出監控站控制回路點滅。維修人員從機房進入廊道時，可以手動模式點滅燈具，亦可交由行控中心遠方遙控。停電時，廊道內維持之緊急照明照度為 10LUX，由 UPS 電源系統供應。

考慮維修人員工作時能提供更高的局部照明，於是除燈具每隔約 14m 設置一盞 40W×2 日光燈具外，另每隔約 28m 加裝一只 1φ220V 插座供局部照明及維修工具使用。

### (十) 導坑照明

導坑之設計輝度為  $6\text{cd}/\text{m}^2$ ，採用 40W×2 日光燈具，每隔約 7m 設置一盞，採用現場手動或遠方遙控模式，經由輸入／輸出監控站控制回路點滅。導坑照明提供全亮或隔盞點亮回路，維修人員或工作人員可視情況選擇使用。導坑緊急照明之照度為一般照明之 1/10，約為  $0.6\text{cd}/\text{m}^2$  亮度，由 UPS 電源系統供應。

### (十一) 隧道內火警緊急照明

火警緊急照明為 60W 白熱燈置於隧道左側壁，離地 50 公分高，每隔 50 公尺設置一盞，採用手動／自動模式控制，平時不亮，待火災發生時，由監控站接受火

警信號自動點亮。

## (十二) 隧道內標誌照明及標示燈

主隧道內之標誌燈有下列幾種:

1. 出口方向指示燈: 內含 20W×4 日光燈管，裝置於隧道左側壁離地 85 公分高，每隔 100 公尺設置一盞，平時永遠點亮。
2. 出口指示燈: 內含 20W×3 日光燈管，裝置於隧道左側壁離地 2.8 公尺高，指示聯絡橫坑出口用，平時永遠點亮。
3. 電話標誌燈: 內含 20W×2 日光燈管，裝置於隧道右側壁離地 2.8 公尺高，平時永遠點亮。
4. 洞口整數公里牌: 內含 20W×4 日光燈管，裝置於隧道右側壁離地 80 公分高，每 2 公里設置一具，平時永遠點亮。
5. 出口整數公里牌: 內含 40W×4 日光燈管，裝置於接近隧道出口前之 2 個停車彎處，平時永遠點亮。

以上各項照明均由 UPS 電源供應之。

## (十三) 一般機房照明

機房照明燈具電源依需要由一般電源及緊急電源供電，緊急電源來自 UPS 及柴油緊急發電機電源。每個房間依需要配置適當比例之緊急燈具，並依建築技術規則規定，於各出入通道及出口，設置避難方向指示燈及出口標示燈，其電源由 UPS 供給。

## 三、 隧道火警系統

### (一) 設計依據

1. 中國國家標準(CNS)
2. 內政部頒佈之建築技術規則
3. 內政部頒佈之各類場所消防安全設置標準
4. 經濟部頒佈屋內線路裝置規則

5. NEC (National Electrical Code)
6. 北宜細設工作計畫報告書 (SES)
7. 國際道路協會(Permanent International Association of Road Congresses , PIARC) , 公路隧道設計準則 , 1987 年

## (二) 設計火警系統之隧道及場所

依據國際道路協會(Permanent International Association of Road Congresses , PIARC) , 公路隧道設計準則 , 1987 年版之建議 , 本工程必須設置自動火災警報系統之隧道及場所如下:

1. 雪山隧道
2. 上述各隧道之洞口機房、隧道內機房、人行／車行聯絡隧道及坪林隧道 1 號、2 號及 3 號通風站進氣豎井頂部建築物等。

## (三) 火災警報系統設計原則

### 1. 火警分區設計

各設施場所，火災警戒責任分區，按下表原則設計:

設 置 場 所	火 警 分 區
1. 隧道內機房 2. 洞口機房 3. 人行及車行聯絡隧道 4. 通風進氣豎井頂部建築物	1. 每一火警分區不超過一層樓，且不超過樓地板面積 600 平方公尺；但上下兩層樓地板面積和不超過 500 平方公尺者，得兩層共用一火警分區。 2. 每一分區之任一邊長，不超過 50 公尺。 3. 每一聯絡隧道視為一火警分區。 4. 每一通風進氣豎井頂部建築物，視為一火警分區。
管 線 廊 道	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。
隧 道	

### 2. 偵測系統設計

各場所火災偵測器之選用，按下表原則設計：

設 置 場 所	偵 測 器 類 別
1. 隧道內機房 2. 洞口機房 3. 人行及車行聯絡隧道	採用光電式偵煙火警偵測器 (Photo-Electric Smoke Detector)
通風進氣豎井頂部建築物	於豎井頂部設置光電式風道偵煙火警探測器(Air Duct Smoke Detector)
管 線 廊 道	採用偵熱式線型火警偵測系統(Line Heat and Fire Detector Fire Alarm System)
隧 道	採用差動式銅管型火警系統

### 3. 火警發生時自動連動之相關設施

基於保障用路人安全起見，火警系統將自動連動隧道通風系統、HVAC 系統、交控系統、CCTV 系統及隧道火警緊急照明系統。在不同的地點，發生火災時，應自動連動的系統。

### 4. 火警受信總機之設置原則

各責任區段之火警受信總機均設置於該責任區段洞內機房之電子設備室或洞口機房之 C&C 室內。

### 5. 火警系統供電原則：

所有火警受信總機均由不斷電電源(UPS)供電(1φ 220V AC 60HZ) ，且每一受信總機內部亦均具備備用緊急電源 (停電後，可維持至少 5 小時正常運作，以確保供電之可靠性。

### 6. 火警信號之傳輸系統

火警信號之傳輸，將藉由裝設於各變電站電子設備室或 C&C 室內之資料輸入／輸出站(I/O Station) ，將火警受信總機所得之火警訊息送上監控網路，再經由機電監控系統傳輸網路(FAST ETHERNET)傳送至區段控制中心及坪林行控中心。

### 7. 主隧道火警系統

#### (1)自動火災警報系統

本公路隧道之自動火災警報系統，設計有下列系統。

A.差動式銅管型火警系統

(A)系統組成

由該型專用之火警受信總機，現場控制器及偵熱銅管所組成。

B.設施裝設位置

(A)火警受信總機: 設置於洞口機房電子設備室或隧道內機房之 C&C 室內。

(B)現場控制器: 裝設於依主隧道行車方向左側，人行步道上約 150 分處，

每隔約 120 公尺設置兩具於嵌入式之不銹鋼終箱內。

(C)偵熱銅管: 沿主隧道正上方中央位置佈設。

(2)手動報警機、警示燈

裝置於隧道內之火警手動報警機、警示燈，其佈置原則如下:

地點	設施裝設位置
隧道	依行車方向沿主隧道右側壁每 50 公尺配合消防栓位置裝設火警手動報警機及警示燈
聯絡隧道內	隧道內之聯絡隧道中央位置配合消防栓位置裝設火警手動報警機及警示燈

(四) 隧道內管線廊道火警系統

管線廊道內為偵測火警之需要亦設計有自動火災警報系統。

1. 系統組成

由一般型火警受信總機及偵熱式線型偵測線組成。本系統與機房火警，主隧道及聯絡隧道側壁消防栓箱上之火警綜合盤共用同一受信總機。

2. 設施裝設位置

(1)火警受信總機設置於洞口機房電子設備室或隧道內機房之 C&C 室內。

(2)偵熱式線型偵測線沿管線廊道正中央上方佈設。

## (五) 隧道通風豎井火警系統

為避免通風進氣豎井吸入濃煙，影響隧道行車安全，於坪林隧道一、二及三號通風站進氣豎井頂部建築物上亦設計有自動濃煙偵測警報系統。

### 1. 系統組成

由一般型火警受信總機、火警綜合盤及光電式風道偵煙探測器組成。

### 2. 設施裝設位置

- (1)火警受信總機及綜合盤設置於坪林隧道通風站進氣豎井頂部建築物內。
- (2)偵煙探測器安裝於進氣豎井頂部之風道上。

## (六) 隧道內機房及洞口機房火警系統

### 1. 系統組成

由一般型火警受信總機、火警綜合盤及光電式偵煙火警探測器組成。

### 2. 設施裝設位置

- (1)火警受信總機: 設置於洞口機房電子設備室或隧道內機房 C&C 室內。
- (2)火警綜合盤: 設置於機房內適當的地點。
- (3)偵煙式探測器: 裝置之位置及其有效偵測範圍，按下述原則設計。

#### A.探測器位置

- (A) 裝置於天花板或頂樓板。
- (B) 有排氣口時，裝置於排氣口週圍 1 公尺範圍內。
- (C) 天花板上設有出風口時，裝置於距離該出風口 1 公尺以上。
- (D) 牆上設有出風口時，裝置於距離該出風口 3 公尺以上。

#### B.有效偵測範圍

裝設面距離地板之高度	有效偵測範圍
4m 以下	100m <sup>2</sup>
4-8m	50 m <sup>2</sup>
8m 以上	30 m <sup>2</sup>

## 四、 隧道監控系統

### (一) 全線機電監控系統架構概述

北宜全線機電監控共規劃為三個責任區段，每一區段皆規劃為可獨立運轉之系統，南港及彭山隧道區段(SCC1 及 SCC2)各設一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) ，雪山隧道區段(SCC3)則規劃設置二部工作站於區段控制中心，其中一部工作站用來監控機電／安全系統，另一部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。另於坪林行控中心規劃設置一工作站，作為全線機電設備之監視及必要時對設備作強制運轉／停止之遠方手動遙控之用(電力除外)。雪山隧道區段控制中心設置於雪山隧道西洞口機房之控制室。至於機電設備之控制則由區段工作站處理完畢後，將結果傳回行控中心，以供操作人員作監視用。本系統架構規劃為正常情況時，由坪林行控中心、坪林 161KV 變電站及頭城 69KV 變電站負責監控任務，上述控制中心工作站故障或維修時，監控人員則轉進至區段控制中心，並依所設定之優先順序接掌該區段之監控任務。

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

下層網路，將該區段內所有 I/O 監控站及現場控制器之資料至少以 57.6kbps 之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器。

上層網路，將該區段內所有電子設備室(或通訊與控制室)內之機電／安全及隧道通風／空調設備監控用控制器所蒐集之資料，經由 Fast Ethernet 網路，再透過網路交換器(Ethernet Switch)傳送至區段控制中心之工作站。

### (二) 全線電力、照明、消防、火警及安全監控系統

#### 1. 變電站電力系統之監控

各變電站設備之監控項目，資料記錄及圖形顯示按下表所示規劃設計：

設備細分	監控項目	資料記錄及圖形顯示
A. 受配電盤	-電壓監視 -電流監視 -電力(KW)監視 -用電量(KW-HR) -功率因數監視 -頻率監視(F) -氙乏時監視(KVARH)	-運轉使用記錄 -用電量記錄 -動態圖形顯示 -照景盤顯示
B. 開關器材	-主高、低壓開關 ON/OFF 監控 -保護電驛動作監視與設定	-操作運轉記錄 -異常記錄 -動態圖形顯示 -照景盤顯示
C. 變壓器設備	-溫度異常狀況監視	-運轉溫度記錄 -異常記錄 -動態圖形顯示 -照景盤警報顯示
D. 發電機設備	-異常狀況監視 -發電功率監視 -發電頻率監視	-操作運轉記錄 -異常記錄 -動態圖形顯示 -照景盤顯示
E. 不斷電系統設備	-異常狀況監視	-操作運轉記錄 -異常記錄 -動態圖形顯示
F. 蓄電池充電機	-異常狀況監視	-操作運轉記錄 -異常記錄 -動態圖形顯示

## 2. 隧道照明系統及隧道洞外接續道路路燈照明之監控

各照明系統設備之監控項目，資料記錄及圖形顯示按下表所示規劃設計:

設備細分	監控項目	資料記錄及圖形顯示
A. 一般隧道照明迴路	-ON/OFF 監控 -跳脫狀況之監視 -遠方/現場監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄



B. 緊急照明迴路	-ON/OFF 監視 -遠方／現場監視	-動態圖形顯示 -異常記錄
C. 輝度計	-洞外輝度之量測監視	-輝度值之記錄 -動態圖形顯示
D. 人行／車行聯絡隧道之照明迴路	-ON/OFF 監控	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示
E. 火災緊急照明迴路	-ON/OFF 監控	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示
F. 管線廊道照明迴路	-ON/OFF 監控	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示
G. 導坑照明迴路	-ON/OFF 監控	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示
H. 洞外接續道路照明迴路	-ON/OFF 監控 -跳脫狀況之監視 -遠方／現場監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄

### 3. 隧道安全、消防及火警系統之監視及控制

各設備之監控項目，資料記錄及圖形顯示按下表所示規劃設計：

設備細分	監控項目	資料記錄及圖形顯示
A. 火警受信總機	-火警區之動作監視 -故障回報	-動作運轉記錄 -動態圖形顯示 -故障記錄
B. 消防栓箱箱門	-箱門之開啓監視	-開啓記錄 -動態圖形顯示
C. 乾粉滅火器箱門	-箱門之開啓監視	-開啓記錄 -動態圖形顯示
D. 人行／車行聯絡隧道之風門	-ON/OFF 之控制	-動作運轉記錄 -動態圖形顯示
E. 豎井頂部進氣口之濃煙偵測器	-濃煙之監視	-動作運轉記錄 -動態圖形顯示
F. 門禁管制器迴路	-人員進出機房之管制 -不當人員侵入之警報 -故障回報	-人員進出記錄 -故障記錄 -動態圖形顯示
G. 自動滅火設備(CO <sub>2</sub> )	-火警區之動作監視 -故障回報 -釋放狀態監視	-動作運轉記錄 -故障記錄 -動轉圖形顯示

4. 各建築物(指隧道區機房以外之建築物)機電公共設施之監視

按下表所示規劃設計:

設備細分	監控項目	資料記錄及圖形顯示
A. 受配電盤	-電壓監視 -電流監視 -用電量(KW-HR) -功率因數監視 -電力(KW)監視	-運轉使用記錄 -用電量記錄 -動態圖形顯示
B. 火警偵測設備	-火警監視(Summary Alarm)	-異常記錄 -動態圖形顯示

5. 各泵浦及池水水監視按下表所示規劃設計

設備細分	監控項目	資料記錄及圖形顯示
A. 消防泵	-ON/OFF 狀態監視 -跳脫監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄
B. 給水泵	-ON/OFF 狀態監視 -跳脫監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄
C. 蓄水池	-高低水位監視 -消防安全水位監視	-異常記錄 -動態圖形顯示
D. 污水池	-高水位監視	-異常記錄 -動態圖形顯示

6. 污水調和池設施之監視按下表所示規劃設計

設施位置	監 控 項 目	資料記錄及圖形顯示
頭 城 區 石 碇 區	進流水泵浦,ON/OFF 及故障監視 進流水流量計,流量監視 調節槽泵浦,ON/OFF 及故障監視 初沈槽泵浦,ON/OFF 及故障監視 終沈槽泵浦,ON/OFF 及故障監視 鼓風機,ON/OFF 及故障監視 加藥機, ON/OFF 及故障監視 攔污機, ON/OFF 及故障監視 進流井液位計, 高水位/低水位監視 調節槽液位計, 高水位/低水位監視	-運轉使用記錄 -異常記錄 -動態圖形顯示
坪林行控中心	沈水式抽水機, ON/OFF 及故障監視	
坪林調和池機房	乾井式抽水機, ON/OFF 及故障監視 污水坑抽水機, ON/OFF 及故障監視 水封加壓抽水機, ON/OFF 及故障監視 電磁流量計, 流量監視 強制通風機, ON/OFF 及故障監視	

(三) 隧道通風及機房空調監控系統

隧道通風及機房空調系統之主要監控項目, 按下表所示規劃設計:

設備細分	監 控 項 目	資料記錄及圖形顯示
A. 洞口供風機	-ON/OFF 監控 -正反轉監控 -遠方/現場監視 -跳脫監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄
B. 主風機	-ON/OFF 監控 -遠方/現場監視 -振動監視 -壓力監視 -馬達溫度監視 -流速監視 -跳脫監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄

C. 噴流風機	-ON/OFF 監控 -遠方／現場監視 -跳脫監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄
D. CO/NO/VI 風向風速、 溫、溼度監測設備	-污染物濃度監視 -溫溼度監視 -隧道內風向風速監視	-動態圖形顯示 -異常記錄 -量測記錄
E. 冰水主機、冰水泵、通 風機	-ON/OFF 監控 -遠方／現場監視 -過載監視 -運轉狀態監視	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄
F. 空調箱	-ON/OFF 監控 -遠方／現場監視 -過載監視 -運轉狀態監視 -室溫過高監視 -火災警報 -溫度設定 -濕度設定 -維修到期警報	-運轉使用記錄 -動態圖形顯示 -異常記錄

#### (四) 傳輸網路

本監控系統由於監控區域是屬於長距離及資料的傳送須借助較快速及可靠的網路來完成，因此設計採用以光纖為媒介的 Fast Ethernet 網路為本系統之主骨幹(Backbone)網路，而各現場設備的狀態，則規劃藉由一較低速之監控傳輸網路蒐集至一網路控制器，再藉由 Fast Ethernet 網路傳送到工作站予以監視控制。因此本監控系統主要有二層網路，茲列如下表所示：

網路種類	目的
Fast Ethernet 網路	提供長距離監控區域網路
監控區域網路	提供現場設備之資料蒐集網路

#### (五) 區段控制中心(SCC)監控設備

區段控制中心規劃為將其管轄之隧道機電設備之資料蒐集至工作站，再由工

作站作計算、分析及比較後，下達適當之命令到現場控制器(Local Controller)，以控制現場設備，同時亦規劃各區段控制中心之工作站將處理之結果及監視之狀況回報至行控中心之工作站或 161KV 及 69KV 變電站之工作站 (僅電力系統部份)。而當行控中心或 161KV、69KV 變電站之工作站當機時，則操作人員分別轉駐各區段控制中心，並直接操作各該區段控制中心內之工作站，以對各區段之機電設備作適當的控制。因此，為達此目的，各區段控制中心規劃設計了下列設備：

1. 重置式工作站
2. 人機界面及狀態監視站
3. 印表機
4. Fast Ethernet 網路交換器
5. 網路控制器(即機電／安全控制器及通風／空調控制器)
6. 檔案伺服器(僅在 161kV 變電站)
7. 網路管理系統工作站(僅在 161kV 變電站)

#### **(六) 161KV 變電站及 69KV 變電站控制室監控設備**

為使 161KV 變電站及 69KV 變電站之值班人員能集中監控全線電力系統之運作，而於 161KV 變電站及 69KV 變電站控制室各設計有一專用之電腦工作站，用來監視與控制全線電力系統相關設備之使用狀況。其資料來自各區段控制中心之工作站。正常時，由各區段工作站執行既設之控制程序，緊急時，本工作站則可直接下達命令，並遙控相關之電力設備，此命令之優先權高於各區段之工作站。為了對全線電力系統作適當監控，本控制室內規劃設計了一電力系統之模擬照景盤，以便操作人員能更直接而清楚地瞭解電力設備之現有狀態。因此本控制室內規劃設計了下列監控設備：

1. 重置式工作站
2. 人機界面及狀態監視站
3. 印表機
4. Fast Ethernet 網路交換器
5. 網路控制器

6. 電力模擬照景盤控制器
7. 檔案伺服器(僅在 161KV 變電站)
8. 網路管理系統工作站(僅在 161KV 變電站)