

# 國道 5 號高速公路南港頭城機電系統設計理念說明

劉志堅、尹義松

## 一、 工程概述

國道 5 號高速公路南港頭城段涵蓋範圍為西北端起自台北市南港系統交流道，向東南延伸至宜蘭縣之頭城交流道，全長約 31 公里，途經南港隧道（南下線長約 456 公尺，北上線長約 331 公尺），石碇隧道（南下線長約 2698 公尺，北上線長約 2720 公尺），烏塗隧道（南下線長約 216 公尺，北上線長約 247 公尺），彭山隧道（南下線長約 3865 公尺，北上線長約 3813 公尺），及雪山隧道（南下線長約 12925 公尺，北上線長約 12954 公尺）等五座隧道。全線設有石碇及頭城二處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服務區。另為全線行車管理需要於坪林設有行車控制中心，於頭城設有工務段及公路警察隊。

為設置機電設施之需要，於本公路主線沿線規劃設計有 22 處變電站機房，將 22.8 KV 之高壓電降為 400/231 V，以供沿線各項設施使用。

另為全線供電之需要，於坪林行控中心專用道內設置一 161KV 變電站，頭城工務段區內設置一 69KV 變電站，以供沿線隧道內機電、交控及通訊等設施使用，頭城工務段及行控中心內另各設置 22.8KV 變電站，以供站區用電。

本工程機電系統之規劃設計主要內容包括：輸配電系統、隧道照明、道路照明、隧道火警系統、機電及通風空調設備監控系統、門禁管制系統、消防系統、機房給排水系統及吊車設備、地磅設備、隧道通風及機房空調系統等項目。

## 二、 輸配電工程

### 2.1 輸配電系統概述

為提供國道 5 號高速公路南港頭城段沿線隧道內機電、交控、通訊等設施及其附屬建築物穩定電源供電之需要，故而設計此一輸配電系統。本輸配電系統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，正常時供應雪山隧道#2 通風站南口機房以南之負載(SS37~SS51)，而坪林交流道區內設置一處 161KV 變電站，由台電 161KV 雙回路受電，正常時供應雪山隧道#2 通風站北口機房以北之負載及南港至坪林段之負載(SS11~SS36)。

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南港至頭城段之所有負載。因此，頭城 69KV 變電站及坪林 161KV 變電站之變壓器容量均設計為可供應國道 5 號高速公路南港頭城段之全負載容量。另為分散負載及增加用電可靠性，於本路段沿線各隧道洞口及隧道內設置下列共 24 處 22.8KV 變電站：

1. SS11 變電站，設置於石碇隧道北洞口機房。
2. SS12 變電站，設置於石碇隧道輔助機房。
3. SS13 變電站，設置於石碇隧道南洞口機房。
4. SS21 變電站，設置於烏塗隧道南洞口機房。。
5. SS22 變電站，設置於彭山隧道北洞口機房。
6. SS23 變電站，設置於彭山隧道北側輔助機房。
7. SS24 變電站，設置於彭山隧道南側輔助機房。
8. SS25 變電站，設置於彭山隧道南洞口機房。

9. SS26 變電站，設置於行控中心。
10. SS31 變電站，設置於雪山隧道北洞口機房。
11. SS32 變電站，設置於雪山隧道一號通風站北側機房。
12. SS33 變電站，設置於雪山隧道一號通風站南側機房。
13. SS34 變電站，設置於雪山隧道一號通風中繼站北側機房。
14. SS35 變電站，設置於雪山隧道一號通風中繼站南側機房。
15. SS36 變電站，設置於雪山隧道二號通風站北側機房。
16. SS37 變電站，設置於雪山隧道二號通風站南側機房。
17. SS38 變電站，設置於雪山隧道二號通風中繼站北側機房。
18. SS39 變電站，設置於雪山隧道二號通風中繼站南側機房。
19. SS40 變電站，設置於雪山隧道三號通風站北側機房。
20. SS41 變電站，設置於雪山隧道三號通風站南側機房。
21. SS42 變電站，設置於雪山隧道三號通風中繼站北側機房。
22. SS43 變電站，設置於雪山隧道三號通風中繼站南側機房。
23. SS44 變電站，設置於雪山隧道南洞口機房。
24. SS51 變電站，設置於雪山隧道南洞口機房。

為增加輸電線路之供電可靠性，上述各 22.8KV 變電站，均分別由頭城 69KV 變電站及坪林 161KV 變電站降壓至 23.9KV 後，以雙回路饋線環路配電方式供電。另於行控中心大樓內設置 SS26 變電站以供坪林行控中心用電之需要。頭城工務段管理大樓內則設置 SS51 變電站，以 23.9KV 饋線雙回路供電供頭城工務段用電之需要。至於石碇服務區之用電，則由石碇隧道南洞口機房(SS13 變電站)供電。

## 2.2 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 系統供應全線各 22.8KV 變電站用電。

## 2.3 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 系統供應全線各 22.8KV 變電站用電。

## 2.4 全線 22.8KV 供電線路

全線 22.8kV 供電線路，採用 25KV 1/C 250mm<sup>2</sup> 非接地型交連(XLPE)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 250mm<sup>2</sup> 非接地型交連(XLPE)電力電纜於隧道段(烏塗隧道除外)佈設於隧道內南、北向線之管線廊

道,而於開放路段及橋梁段則佈設於北向線之電力管群(烏塗隧道則佈設於北向線人行步道下之電力管群)。

## 2.5 電力轉供及緊急供電程序

本輸配電系統頭城 69KV 變電站及 161KV 變電站可互為備援,同時為增加全線電力系統供電之可靠性,兩變電站內各設有兩台 3 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。

### A. 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情況下,頭城 69KV 變電站負責供應雪山隧道#2 通風站南口機房以南之負載(SS37~SS51),而 161KV 變電站供應雪山隧道#2 通風站北口機房以北之負載及南港至坪林段之負載(SS11~SS36)。69KV 及 161K 變電站供電分界由設置於"SS37"及"SS38"變電站之統負載放斷開關(常開)作為供電分界並作為電力轉供之聯絡開關用。

### B. 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時,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。

### C. 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) 負載放斷開關(LBS)閉合(Close)而完成。在轉供操作 LBS 閉合之前須先將柴油發電機電源側主開關 52-G 予以開啟(Open),以策安全。電力轉供後,全線電力系統依正常供電需求運作。

### D. 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 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啟(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。

## 2.6 全線 22.8kV 供電線路及變電站

### A. 全線 22.8kV 供電線路

1. 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(烏塗隧道除外)將雙回路電纜分別佈設於隧道內南、北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北向線之地下電力管群或北向線橋梁箱涵內之電纜架上(烏塗隧道則佈設於北向線人行步道下之電力管群)。

2. 當考慮坪林 161 kV 變電站或 69kV 變電站之任何一方故障停止供電時，部份電力需由他方經雪山隧道 2 號通風站東側變電站及 2 號中繼站北側變電站之常開 LBS 轉供，此時系統上之總負載容量約為 24MVA，轉供饋線之最大負載容量約為 8620kVA，其負載電流約為 218 安培，但因饋線電路甚長(約 27 公里)為合乎壓降限制值之要求，故設計選用 25kV 1/C 250m m<sup>2</sup> XLPE 電纜 (其安全電流為 458 安培)。

#### B. 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)座落於坪林行控中心及頭城工務段變電站(SS51)座落於頭城工務段外，其餘全部均規劃設置於隧道之南、北洞口及隧道內。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，其餘隧道內及南、北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。
4. 22.8kV 變壓器一次及二次側之保護設計

變壓器之一次側保護採 24kV 級之瓦斯絕緣線路斷路器(GCB)或真空線路斷路器(VCB)。

配電線路上各高壓斷路器之短路容量，將依據下述三種供電情況：

- 坪林 161kV 變電站及頭城 69kV 變電站個別供電
- 坪林 161kV 變電站供電全線(頭城 69kV 變電站停止供電)
- 頭城 69kV 變電站供電全線(坪林 161kV 變電站停止供電)

經 READ(Redial electrical Distribution Analysis)程式計算短路電流所得結果，選擇最大者，做為該斷路器之短路容量額定。上述短路電流計算時，電力公司系統之短路容量大小係依據臺灣電力公司取得坪林 161kV 變電站一次側供電之臺電系統遠期短路電流

32kA，頭城 69kV 變電站一次側供電之台電系統遠期短路電流 15.3kA 作為計算之基準。

系統保護電驛及指示裝置，係以多功能集合型電錶及保護電驛設計之，其主要優點為配線簡單、盤面單純化、盤內配件減少，具有自我診斷功能。

變壓器二次側之保護採用空氣斷路器(ACB) 保護，其額定容量依所連接變壓器容量選定。

## 2.7 低壓配電設計

### A. 設備供電電壓

- 低壓幹線配電電壓 3 4W 400/231V
- 空調設備、給水泵、排污水泵、維修設備 3 3W 380V
- 照明設備 1 2W 220V
- 一般用途插座 1 2W 115V
- 消防栓箱上插座 1 2W 120V
- 管線廊道及機房維修用插座 1 2W 220V
- 電腦或監控設備 1 2W 220V
- 隧道通風設備 3 3W 380V

### B. 配電設計電壓降之限制值

為使配電設備正常運轉，必須對電壓降之變動加以限制。

1. 本工程所引用之電壓降計算公式如下：

- 單相二線式時， $V_{1-2W} = 2IL(R\cos\theta + X\sin\theta)$
  - 單相三線式及三相四線式， $V_{L-N} = IL(R\cos\theta + X\sin\theta)$
  - 三相三線式， $V_{3-3W} = 3IL(R\cos\theta + X\sin\theta)$
- 上式壓降公式之 R 為 50 時之電阻。

2. 本工程設計之允許壓降範圍

供應照明、動力或綜合負載之低壓分路，本工程均依據屋內線路裝置規則之規定，設計分路之電壓降不超過該分路標稱電壓之 3%，分路前如尚有幹線者，幹線電壓降不超過 2% 為設計要求，即負載端至幹線電源端之總壓降均設計在 5% 範圍以內。

### C. 配電設備耐短路容量之選擇

配電系統各饋電點之短路容量，係依據配電系統之阻抗及負載特性，並使用"REDA" (Radial Electrical Distribution Analysis) 電腦程式計算而得，其結果均列印於計算書中，故連接於各該饋電點之設備耐短路容量，均選擇不小於該饋電點之短路容量者。

### D. 功率因數改善設計

為減少線路損失，各變電站內均依負載特性加裝進相電容器組以改善功率因數。而各變電站內負載大致可分成照明、空調、通風及交控，其中照明均採用高功因燈具，而通風系統本身具有功率因數改善設備，故於配電系統上所裝置之低壓側進相電容器組主要是用來改善空調、部份照明及交控等設備，並採用功因自動調整器，自動改善功率因數至約 0.95。

### E. 電動機回路之設計

#### 1. 電動機起動方式

- a. 依屋內線路裝置規則規定 380V 每台電動機容量超過 50HP(即 37KW)者需用降壓起動裝置,故為減少電動機之起動電流及起動所造成之壓降,本工程之噴流式風機採電抗起動並附容功因補償電容器型起動器,以減少起動電流及壓降。
  - b. 3 380V,620kVA (含)以上之南、北洞口管線廊道送風機,採緩和起動器方式起動以代替特殊之電抗電容起動器,此緩和起動器有降低系統短路容量之功能。
2. 隧道內隧道通風用之主送風機及排風機之起動器,依基本設計之提議採用變壓變頻器之變速控制方式並附有傍路起動器之起動方式。
  3. 控制回路之控制用電壓,採用交流 1 110V。
  4. 所有裝置於遠方之風機或馬達,其控制回路均設計有現場手動 – 遠方遙控選擇開關及狀態顯示,使能從遠方監視及控制。
  5. 考慮易於維護及管理,其控制盤均以馬達控制中心盤(MCC)方式設計。
- F. 照明回路之設計
1. 由於隧道及管線廊道照明回路之配電負載中心距離均很長,為考慮壓降問題,故以 3 4W 380/220V 方式配線。
  2. 隧道照明回路控制用之電壓採用交流 1 110V。
  3. 隧道照明之控制裝置均設計有現場手動 – 遠方遙控選擇開關及狀態顯示,使其能從遠方監視及控制。
  4. 隧道洞口外 200 公尺內路燈照明之控制,設計併入隧道內照明一起控制,但其線路保護裝置則採用漏電斷路器(ELCB)以防漏電感電。
  5. 考慮易於維護及管理,隧道照明其控制盤以 MCC 方式設計。
  6. 機房內之照明係供一般機房內設佈維護用之照明,其配電分路以分電箱方式設計。
  7. 為使維修人員易於操作機房內之照明燈,於機房維修之主出入門設置有一群組控制裝置,可集中控制機房內之照明,該控制裝置之操作開關並附有關(OFF) 時之指示裝置。
- G. 插座回路之設計
1. 所有 1 110V 及 220V 插座均採用接地型插座方式設計,增加安全。
  2. 插座回路以分電箱方式設計。
- 2.8 緊急柴油發電機供電系統
- A. 於台電停電時,為供應國道 5 號高速公路南港頭城段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。
  - B. 緊急柴油發電機供電系統以 3 3W 4160V 輸出,經同步並聯控制後,由 4160V/23.9kV 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。
  - C. 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. 空調系統
  6. 通訊及交控系統
- D. 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。
- E. 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,使空調及通風系統之最大用電負載限制在 3000KW 以下,至於其他緊急負載(Essential) 則限制在 1000KW 以下運轉。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。

## 2.9 不斷電電源(UPS)供電系統

- A. 於臺電停電期間,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。
- B. UPS 設備容量
1. 輸出額定: 將依實際連接負載容量選定
  2. 輸入電壓: 依所連接之系統電壓為 3 4W 400/231V 緊急電源
  3. 輸出電壓: 3 4W 400/231V
  4. 供電時間: 15 分鐘
  5. 型 式: 固態電子式
  6. 蓄電池型式: 鉛鈣蓄電池
- C. 為提高 UPS 供電之可靠性或維修時停電之顧慮,輸入電源採雙電源方式設計。

## 2.10 接地系統

- A. 為配合隧道土木工程先期施工,接地系統分成二階段設計及施工,第一階段設計及施工包含有接地柵網、接地棒、接地井及相關之預埋管件及包括彭山、烏塗、南港、石碇隧道之人行步道手孔內之 E6 型式接地匯流排及所有隧道內機房之接地配線箱至各設備間之配管等。第二階段設計包括主隧道內機電接地幹線、通訊接地幹線、給水幹管及預鑄環片接地線、兩隧道間機電接地幹線之連接線及機房內接地配線箱至各設備間之接地配線、接線等。
- B. 接地導線之設計
1. 各機房內之接地導線線徑之選用,原則上依屋內線路裝置規則第二六條第四款第(三)項選用。隧道內接地導線線徑則依系統之短路容量選用。除機電接地幹線因佈於電纜線槽上為增加與電纜線槽之接觸面採用裸銅絞線外,其他之接地線全部採用 PVC 絕緣絞線。
  2. 隧道內接地導線之選用:

- 機電接地幹線單芯 250m<sup>2</sup>硬抽裸銅絞線。
- 通訊接地幹線單芯 150m<sup>2</sup> PVC 銅絞線。
- 給水幹管及預鑄環片接地線單芯 50m<sup>2</sup> PVC 銅絞線。
- 兩隧道間機電接地幹線之連接線單芯 250m<sup>2</sup> PVC 銅絞線。
- 機電接地幹線與動力導線管群手孔內匯流排之連接線單芯 250m<sup>2</sup> PVC 銅絞線。

### C. 接地線之連接

1. 由接地配線箱至設備之接地線以接線端子壓接後用螺栓栓緊於兩端之接地匯流排上。
2. 給水幹管、預鑄環片和接地線之間之連接以鑄焊連接方式設計。

## 三、 隧道照明工程

### 3.1 主隧道照明

#### 3.1.1 設計依據

- 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.

#### 3.1.2 車道輝度基準

國道 5 號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:

- A. 接近區(Access Zone): 根據 CIE 之推薦值採用 4000cd/m<sup>2</sup>。
- B. 進口區(Threshold Zone): 輝度基準為 200cd/m<sup>2</sup>, 但本設計使用 Counter Beam 作為加強照明, 輝度基準則降為 120 cd/m<sup>2</sup>, 前段距離為 50 公尺, 另後段輝度基準採用 60cd/m<sup>2</sup>, 距離為 50 公尺。
- C. 漸變區(Transition Zone): 分二段, 前段輝度基準採用 30cd/m<sup>2</sup>, 距離為 50 公尺, 中段輝度基準採用 15cd/m<sup>2</sup>, 距離為 50 公尺。
- D. 內部區(Interior Zone): 輝度基準採用 6cd/m<sup>2</sup>。
- E. 出口區(Exit Zone): 分二段, 前段輝度基準採用 15cd/m<sup>2</sup>, 距離為 30 公尺, 後段輝度基準採用 30cd/m<sup>2</sup>, 距離為 30 公尺。

#### 3.1.3 隧道輝度計算方法

本工程隧道照明工程之輝度計算,係依據國際照明協會(CIE), Publication CIE No.30 (TC-4.6) 1976 之計算方法加以計算分析。主要公式如下所示:

$$L = \frac{I(c, \theta) \times R(\theta, \phi)}{H^2} \times MF$$

L: 輝度 (cd/m<sup>2</sup>)



- I: 配光曲線(I 表格)
- R: 衰減輝度係數(R 表格)
- H: 燈具安裝高度
- MF: 維護係數

#### 3.1.4 車道照明燈具型式及佈置方式

由於南港頭城段隧道中之雪山、彭山、南港及石碇(南行線)等隧道皆超過三公里以上，因此為求有較佳之均勻度及避免產生閃爍(Flicker) 效應，所以選用 40Wx2 日光燈作為內部區照明燈具。南港頭城段隧道除烏塗隧道南行線為三車道外，其餘皆為二車道，對於三車道之燈具佈置方式，若將其置於隧道正中央，則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，若同樣佈置於隧道正中央，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。因此為達輝度要求，而有下列二類之佈置方式。

##### A. 三車道

1. 內部區：以 40Wx2 日光燈，間隔 1.5m，於中心線作直線式排列。
2. 進口區 1：除上述 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 400Wx1 逆照式(Counter Beam)高壓鈉氣燈，間隔 1.6m，離左右車道邊緣各 1.75m 作對稱式排列。
3. 進口區 2：除上述 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另加 400Wx1 逆照式高壓鈉氣燈，間隔 3.2m，離左右車道邊緣各 1.75m 作對稱式排列。
4. 漸變區：除上述 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150Wx1 逆照式高壓鈉氣燈，間隔 2.8m，離左右車道邊緣各 1.75m 作對稱式排列。
5. 出口區 1：除上述 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150Wx1 對稱式高壓鈉氣燈，間隔 5.0m，離左右車道邊緣各 1.75m 作對稱式排列。
6. 出口區 2：除上述 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150Wx1 對稱式高壓鈉氣燈，間隔 1.8m，離左右車道邊緣各 1.75m 作對稱式排列。

##### B. 二車道

1. 內部區：以 40Wx2 日光燈，間隔 1.9m，離中心線左邊 50 cm 作直線式排列。
2. 進口區 1：除上述 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 400Wx1 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. 進口區 2：除上述 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 400Wx1 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 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150Wx1 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 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150Wx1 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 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150Wx1 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 40Wx2 日光燈之直線式排列外，另於兩側加 150Wx1 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。

### 3.1.5 裝設方式

- A. 隧道內全部區域以長條狀 40Wx2 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。
- B. 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(烏塗南行線為 1.75 公尺),高度為離地面 5 公尺。

### 3.1.6 照明控制方式

隧道入口區之加強照明區分成進口區及漸變區二區,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(高壓鈉氣燈部份)共分為四個階段分別受洞外輝度計的控制。至於隧道內部區 40Wx2 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  $2\text{cd}/\text{m}^2$ ,因此藉由電腦提供之計時器來控制 40Wx2 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  $3\text{cd}/\text{m}^2$ 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。最後為達節省能源之目的,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  $0.6\text{cd}/\text{m}^2$ (即基本照明的十分之一),同時亦將本階段之照明規劃為緊急照明。

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( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	
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

### 3.1.7 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 3 4W+1E 380V/220V 之一般電源。因導線直接暴露於隧道上方,為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 3 4W+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,為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)。

### 3.1.8 特殊情況之照明方式

當隧道內有火警發生或能見度超過  $0.007 \text{ m}^{-1}$  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。

### 3.2 聯絡隧道照明

聯絡隧道之照明採用  $40\text{W}\times 2$  日光燈，其照度基準為  $150 \text{ lux}$ ，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。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)。

### 3.3 隧道內管線廊道照明

管線廊道之照明採用  $40\text{W}\times 2$  日光燈，其照度基準為  $100 \text{ lux}$ ，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  $10 \text{ lux}$ ，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  $14\text{m}$  設置一盞  $40\text{W}\times 2$  日光燈具外，另每隔約  $28\text{m}$  加裝一只  $1 \quad 220\text{V}$  插座供局部照明及維修工具使用。

### 3.4 雪山隧道導坑照明

導坑之設計輝度為  $6\text{cd}/\text{m}^2$ ，採用  $40\text{W}\times 2$  日光燈具，每隔約  $7\text{m}$  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。

### 3.5 主隧道內火警緊急照明

火警緊急照明為  $60\text{W}$  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。

### 3.6 主隧道內標誌照明及標示燈

主隧道內之標誌燈有下列幾種：

- A. 出口方向指示燈：內含  $20\text{W}\times 4$  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。
- B. 出口指示燈：內含  $20\text{W}\times 3$  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。
- C. 電話標誌燈：內含  $20\text{W}\times 2$  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。
- D. 洞口整數公里牌：內含  $20\text{W}\times 4$  日光燈管，裝置於隧道右側壁離地  $80$  公分高，距離隧道洞口  $6$  公里區段內，每  $2$  公里設置一具，平時永遠點亮。
- E. 出口整數公里牌：內含  $40\text{W}\times 4$  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。

### 3.7 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。

#### 四、 隧道火災警報系統工程

##### 4.1 設計依據

###### 4.1.1 依據標準

- A. 中國國家標準(CNS)
- B. 內政部頒佈之建築技術規則
- C. 內政部頒佈之各類場所消防安全設置標準
- D. 經濟部頒佈屋內線路裝置規則
- E. NEC (National Electrical Code)
- F. 北宜細設工作計畫報告書 (SES)
- G. 國際道路協會(Permanent International Association of Road Congresses, PIARC), 公路隧道設計準則, 1987 年

###### 4.1.2 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:

- 南港隧道南行線孔道(East Bound Tube)
- 石碇隧道
- 彭山隧道
- 雪山隧道
- 上述各隧道之洞口機房、隧道內機房、人行 / 車行聯絡隧道及雪山隧道 1 號、2 號及 3 號通風站進氣豎井頂部建築物等。

##### 4.2 火災警報系統設計原則

###### 4.2.1 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. 人行及南行聯絡隧道 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
主隧道	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。

###### 4.1.2 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. 人行及南行聯絡隧道	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)
主 隧 道	雪山隧道為差動式銅管型火警系統 南港、石碇及彭山隧道為偵溫式電纜型火警系統

#### 4.2.3 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。

#### 4.2.4 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。

#### 4.2.5 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(1 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。

#### 4.2.6 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(FDDI)傳送至區段控制中心及坪林行控中心。

### 4.3 主隧道火警系統

#### 4.3.1 自動火災警報系統

本公路隧道之自動火災警報系統，共設計了下列二種型式供承包商任擇其一施工。

##### A. 差動式銅管型火警系統

##### 1. 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。

##### 2. 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 50 公分處，每隔約 120 公尺設置兩具於嵌入式之不銹鋼終端箱內。

(c) 偵熱銅管：沿主隧道正上方中央位置佈設。

##### B. 偵溫式電纜型火警系統

##### 1. 系統組成

由該型專用之火警受信總機及偵溫電纜組成。

##### 2. 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機房之 C&C 室內。
- (b) 偵溫電纜：沿主隧道正上方中央位置佈設。

#### 4.3.2 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
主 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	於雪山及彭山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,或於石碇隧道內之聯絡隧道中央位置裝置獨立之火警綜合盤

#### 4.4 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。

##### 4.4.1 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。

##### 4.4.2 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. 偵熱式線型偵測線沿管線廊道正中央上方佈設。

#### 4.5 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,於雪山隧道一、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。

##### 4.5.1 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。

##### 4.5.2 設施裝設位置

- A. 火警受信總機及綜合盤設置於雪山隧道通風站進氣豎井頂部建築物內。
- B. 偵煙探測器安裝於進氣豎井頂部之風道上。

#### 4.6 隧道內機房及洞口機房火警系統

##### 4.6.1 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。

##### 4.6.2 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 C&C 室內。
- B. 火警綜合盤：設置於機房內適當的地點。
- C. 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。
  - 1. 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。

## 2. 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	100 m <sup>2</sup>
4-8m	50 m <sup>2</sup>
8m 以上	30 m <sup>2</sup>

## 五、 雪山隧道通風系統

### 5.1 前言

隧道為一半封閉之空間，在正常之行車狀況時，車輛所排放之廢氣（如一氧化碳、氮氧化物、粒狀污染物等）如果累積到某一程度，不僅影響人體之健康，且粒狀污染物將造成能見度不佳，影響行車安全，因此必須藉由機械通風之方式來稀釋隧道內之廢氣濃度，維持隧道內之空氣品質。

當隧道內發生火災時，濃煙將影響用路人之逃生及救災作業之進行，因此必須藉由機械通風之方式來控制濃煙擴散之方向，並迅速地將濃煙排至隧道外。

### 5.2 雪山隧道通風系統概述

雪山隧道為雙孔、雙線之隧道，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 4 台（南 / 北行線各 2 台），隧道內車道上方並設置 112 台噴流式風機（南 / 北行線各 56 台），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。

當隧道為正常運轉狀況（單向交通），車輛行駛時之活塞效應可產生縱向氣流，此為雪山隧道採用縱流式通風系統之重要因素。

當隧道改為雙向交通或發生塞車、火災之狀況時，車輛之活塞效應已不復存在，此時噴流式風機可供應隧道通風所不足之推力。

### 5.3 雪山隧道通風系統運轉模式

#### 5.3.1 正常運轉狀況

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<sup>-1</sup>）。新鮮空氣由進氣豎井引入隧道，稀釋車輛所排放之廢氣後，污濁之空氣則經由排氣豎井排出，此通風循環迴路長約 4 公里，傳統之回饋控制係利用迴路末端之廢氣濃度感測器來調整通風量，新鮮空氣由進氣豎井引入，經由排氣豎井排出，所須之輸送時間約為 7 分鐘，無法即時反應廢氣濃度之變化，因此雪山隧道通風系統之控制採用前饋控制及回饋控制之方式，所謂前饋控制係利用隧道入口前方所偵測之交通量，經由監控系統預先計算所須之通風量，先行調整隧道通風量，再利用迴路末端之廢氣濃度感測器來調整計算之誤差。

#### 5.3.2 塞車運轉狀況

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 0.009m<sup>-1</sup>，則本監控系統必須

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  $0.012\text{m}^{-1}$  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。

### 5.3.3 火災運轉模式

所謂火災運轉狀況是指隧道內之車輛發生火災之狀況，此時通風系統之功能在控制煙霧擴散之速度及方向，並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之訊號時，即能迅速地下達指令。當隧道為單向交通時，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，用路人必須下車逃生，此時隧道內之風速必須結持在  $2\sim 4\text{m}/\text{sec}$  (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。當隧道為雙向交通時，火災上、下游之車輛皆無法繼續向前行駛，因此所有之風機皆須停止運轉，以降低煙霧蔓延之速度。

### 5.3.4 停電運轉狀況

當正常電源因故中斷時，由於緊急電源之容量有限，無法滿足通風系統之電力需求，因此交控系統必須限制交通流量。

### 5.3.5 維修運轉狀況

當其中一孔隧道在維修時，另一孔隧道將改為雙向交通，由於兩孔隧道所要求之廢氣濃度並不相同，因此中繼風機及其附屬風門必須關閉，兩孔隧道各自為獨立之通風系統。

### 5.3.6 軸流式風機風量調整

隧道通風系統所裝設之軸流式風機其容量皆相當大，因此必須隨交通量變化調整其運轉風量，以節省電費。

軸流式風機之風量調整採用變頻器之方式來達成風量之調整。

### 5.3.7 導坑及聯絡隧道之通風

雪山隧道工程規模龐大，且地質複雜，為充分瞭解沿線地質構造特性，提供主隧道設計及施工參考，並先期排除地下水及處理地質弱帶，以降低主隧道施工困難度及風險，乃於兩條主隧道間先施築一直徑 4.8 公尺之探查導坑，該導坑除可做為主隧道施工之輔助通道外，完工後尚可供做營運維修，急難救助之用。

雪山隧道每隔 350 公尺設置一人行聯絡隧道，共 28 座，以連接南、北行隧道，提供人員緊急逃生之用，並可通達導坑。每隔 1400 公尺設置一車行聯絡隧道，共八座，以連接東、西行隧道，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。

### 5.3.8 結論

隧道通風系統之運轉費佔隧道整體運轉費之比例相當之大，如何有效地降低隧道之運轉成本而不失其行車安全，為隧道通風系統設計之考量重點。雪山隧道為單向交通之狀況，車輛行駛時所產生之活塞效應對隧道內縱向氣流之助益相當之大，此為雪山隧道採用縱流式通風系統之重要因素。

豎井之施工因難度及工程費皆甚高，於縱流式通風系統增設中繼站為世界各隧道之首例，不但可減少豎井之數目，亦可降低運轉費。

## 六、通風空調設備電腦監控系統工程

### 6.1 南港頭城段機電監控系統架構概述

南港頭城段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)。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。各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 Ethernet 網路，再透過網路路由器(Router)或橋接器(Bridge)傳送至區段控制中心之工作站。

### 6.2 全線電力、照明、消防、火警及安全監控系統

#### 6.2.1 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 電壓監視</li> <li>- 電流監視</li> <li>- 電力(KW)監視</li> <li>- 用電量(KW-HR)</li> <li>- 功率因數監視</li> <li>- 頻率監視(F)</li> <li>- 氙乏時監視(KVARH)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 用電量記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 照景盤顯示</li> </ul>
B. 開關器材	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 主高、低壓開關 ON/OFF 監控</li> <li>- 保護電驛動作監視與設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 操作運轉記錄</li> <li>- 異常記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 照景盤顯示</li> </ul>
C. 變壓器設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 溫度異常狀況監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉溫度記錄</li> <li>- 異常記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 照景盤警報顯示</li> </ul>
D. 發電機設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 異常狀況監視</li> <li>- 發電功率監視</li> <li>- 發電頻率監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 操作運轉記錄</li> <li>- 異常記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 照景盤顯示</li> </ul>
E. 不斷電系統設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 異常狀況監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 操作運轉記錄</li> <li>- 異常記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> </ul>
F. 蓄電池充電機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 異常狀況監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 操作運轉記錄</li> <li>- 異常記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> </ul>

#### 6.2.2 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ON/OFF 監控</li> <li>- 跳脫狀況之監視</li> <li>- 遠方 / 現場監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> </ul>
B. 緊急照明迴路	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ON/OFF 監視</li> <li>- 遠方 / 現場監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> </ul>

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

### 6.2.3 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	- 箱門之開啟監視	- 開啟記錄 - 動態圖形顯示
C. 乾粉滅火器箱門	- 箱門之開啟監視	- 開啟記錄 - 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

### 6.2.4 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 電壓監視</li> <li>- 電流監視</li> <li>- 用電量(kW-HR)</li> <li>- 功率因數監視</li> <li>- 電力(KW)監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 用電量記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> </ul>
B. 火警偵測設備	- 火警監視(Summary Alarm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 異常記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> </ul>

### 6.2.5 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

### 6.2.6 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	

### 6.3 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ON/OFF 監控</li> <li>- 正反轉監控</li> <li>- 遠方 / 現場監視</li> <li>- 跳脫監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> </ul>
B. 主風機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ON/OFF 監控</li> <li>- 遠方 / 現場監視</li> <li>- 振動監視</li> <li>- 壓力監視</li> <li>- 馬達溫度監視</li> <li>- 流速監視</li> <li>- 跳脫監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> </ul>
C. 噴流風機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ON/OFF 監控</li> <li>- 遠方 / 現場監視</li> <li>- 跳脫監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> </ul>
D. CO/NO/VI 風向風速、溫、溼度監測設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 污染物濃度監視</li> <li>- 溫溼度監視</li> <li>- 隧道內風向風速監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> <li>- 量測記錄</li> </ul>
E. 冰水主機、冰水泵、通風機	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ON/OFF 監控</li> <li>- 遠方 / 現場監視</li> <li>- 過載監視</li> <li>- 運轉狀態監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> </ul>
F. 空調箱	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ON/OFF 監控</li> <li>- 遠方 / 現場監視</li> <li>- 過載監視</li> <li>- 運轉狀態監視</li> <li>- 室溫過高監視</li> <li>- 火災警報</li> <li>- 溫度設定</li> <li>- 濕度設定</li> <li>- 維修到期警報</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 運轉使用記錄</li> <li>- 動態圖形顯示</li> <li>- 異常記錄</li> </ul>

### 6.4 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複聯式 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 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三層網路,茲列如下表所示:

網路種類	目的
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

#### 6.5 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:

- A. 重置式工作站
- B. 人機界面及狀態監視站
- C. 印表機
- D. Ethernet 網路集線器
- E. 網路橋接器
- F. 網路控制器(即機電 / 安全控制器及通風 / 空調控制器)
- G. 檔案伺服器(僅在 161kV 變電站)
- H. 網路管理系統工作站(僅在 161kV 變電站)

#### 6.6 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:

- A. 重置式工作站
- B. 人機界面及狀態監視站
- C. 印表機
- D. FDDI 網路集線器
- E. 網路控制器
- F. 電力模擬照景盤控制器
- G. 檔案伺服器(僅在 161kV 變電站)
- H. 網路管理系統工作站(僅在 161kV 變電站)