

**出國報告（出國類別：實習）**

**電纜洞道防災設計及運用～防火、防水、  
防爆、人員管制、監控等設計與運用**

**服務機關：**臺灣電力公司輸變電工程處南區施工處

**姓名職稱：**賴弘嘉 八等土木工程師

**派赴國家：**日本

**出國期間：**99年10月17日至99年10月22日

**報告日期：**99年12月14日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：電纜隧道防災設計及運用～防火、防水、防爆、人員管制、監控等設計與運用		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
賴弘嘉	土木工程師	臺灣電力公司輸變電工程處南區施工處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年10月17日至99年10月22日		報告繳交日期：99年12月14日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人	單位 主管	主管處 主管	總經理 副總經理
-----	--	-----	----------	-----------	-------------

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：電纜隧道防災設計及運用～防火、防水、防爆、人員  
管制、監控等設計與運用

頁數 42 含附件 是 否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：賴弘嘉/臺灣電力公  
司/輸變電工程處南區施工處／土木工程師／  
07-3572168

出國類別：1.考察 2.進修 3.研究 4.實習 5.其他：開會

出國期間：99年10月17日至99年10月22日 出國地區：日本

報告日期：99年12月14日

分類號／目

關鍵詞：防災、電纜隧道、監控、附屬機電設備、關西電力

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、由於臺灣政治及社會環境快速變遷，人民水準普遍提高，生活品質要求提昇，為提高供電品質與改善都會區景觀，儘可能將架空輸電線路改為地下輸電線路，新建之輸電線路則多規劃採地下電纜施作。為執行第七輸變電計畫，本公司於都會區配合興建地下電纜輸電線路，其中電纜涵洞、推管隧道及潛盾隧道因施工機具設備進步，施工距離日漸加長，故土木設施防災功能、維修人員安全及機電設備之防災需求提高。
- 二、本公司目前正執行高港~五甲~高雄 345kV 長距離地下電纜工程計畫，考量未來輸電線路於都會區避鄰需求及地下管線複雜，規劃以免開挖工法施作地下電纜隧道之機率逐年增加，故需考量防災需求以保障電力系統正常營運及人員安全。日本都會地區地狹人籌，政經情況與我國類似，日本對於地下電纜長距離涵洞及潛盾隧道之防火、防水、防爆、人員管制及監控等土木及機電規劃設計理念、防災設備、維護與緊急應變計畫等已有很多實例與及施工維護經驗，值得本公司前往研習與借鏡。期望透過此次研習吸取日本電力公司防災實務經驗，期能提昇各階段工作推展效益。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網(<http://report.gsn.gov.tw>)

## 目 錄

頁次

壹、實習目的	1-1
貳、實習過程	2-1
一、參訪位置介紹	2-1
二、關西電力公司經營數據及設備簡介	2-4
三、關西電力公司供電區域介紹	2-5
四、關西電力與台電公司比較	2-5
參、實習內容	3-1
一、電纜洞道 (排水) 防水設備	3-2
(一) 排水設備設計的基本事項	3-2
(二) 設計順序及標準化	3-3
(三) 設計及運用之其它注意事項	3-12
(四) 防水閘門防止河川溢流倒灌設計	3-13
二、電纜洞道人員管制、通訊及監控設備	3-15
(一) 附屬設備監控	3-15
(二) 人員管制監控設備	3-18

三、電纜洞防火設備 .....	3-20
(一) 火災偵測設備 .....	3-20
四、其它防災設備 .....	3-24
(一) 通訊設備 .....	3-24
(二) 避難指引設備 .....	3-25
(三) 警報設備 .....	3-27
(四) 其它安全設備 .....	3-30
肆、心得與建議 .....	4-1

## 壹、實習目的

由於臺灣政治及社會環境快速變遷，人民水準普遍提高，生活品質要求提昇，為提高供電品質與改善都會區景觀，儘可能將架空輸電線路改為地下輸電線路，新建之輸電線路則多規劃採地下電纜施作。為執行第七輸變電計畫，本公司於都會區配合興建地下電纜輸電線路，其中電纜涵洞、推管洞道及潛盾洞道因施工機具設備進步，施工距離日漸加長，故土木設施防災功能、維修人員安全及機電設備之防災需求提高。

本公司目前正執行高港~五甲~高雄 345kV 長距離地下電纜工程計畫，考量未來輸電線路於都會區避鄰需求及地下管線複雜，規劃以免開挖工法施作地下電纜洞道之機率逐年增加，故需考量防災需求以保障電力系統正常營運及人員安全。日本都會地區地狹人籌，政經情況與我國類似，日本對於地下電纜長距離涵洞及潛盾洞道之防火、防水、防爆、人員管制及監控等土木及機電規劃設計理念、防災設備、維護與緊急應變計畫等已有很多實例與及施工維護經驗，值得本公司前往研習與借鏡。期望透過此次研習吸取日本電力公司防災實務經驗，期能提昇各階段工作推展效益。

## 貳、實習過程

日本都市化程度高，都會區範圍內幾乎不存在架空輸電線路，其高壓輸電線路均透過長距離潛盾洞道、多功能之大尺寸、大開挖深度直井及共同管道連接至各變電所。本次經由台灣世曦工程顧問股份有限公司與日本「關西電力公司」長期技術支援及顧問合作之夥伴關係委請其接洽安排，赴日本大阪市參訪「關西電力公司」長距離地下電纜洞道及直井（日本語：立坑），獲得實用及寶貴工程設計、技術及維護經驗，值得研習與借鏡。參訪之相關技術除對未來地下電纜規劃、設計及施工均有助益外、亦有助於日後運轉維護工作。

本公司現階段興辦「高港~五甲~高雄 345kV」長距離地下電纜工程計畫，目前「關西電力公司」亦計劃興辦轄管 500kV 電纜興工計畫，故經由「關西電力公司」排定並依據實習主題及研習內容，安排參訪「豐崎立坑」、「上二變電所」及位於上二變電所下方之「上二立坑」。

### 一、參訪位置介紹

本次參訪之電纜洞道及直井工程位置及概要簡述如下，相關線路路徑及位置概要圖如圖 2-1 所示：

#### (一) 豐崎立坑

豐崎立坑位於定川南岸，位於大阪市北方，立坑向北連接定川橫斷洞道，向南連接中津洞道，均採潛盾工法施工。定川橫斷洞道：全長：2,156m、橫斷面： $\varphi 6.5 \sim 7.0 \varphi$ ，於 2003 年 2 月竣工。中津洞道：全長：1,794m、橫斷面： $\varphi 6.0 \sim 6.5 \varphi$ ，於 1998 年 9 月竣工。豐崎立坑內除上述兩洞道供輸電線路使用，尚有另一洞道連接立坑供輸水幹管使用，故豐崎立坑非僅由關

送電線ルート概要と特徴  
Construction route and characteristic

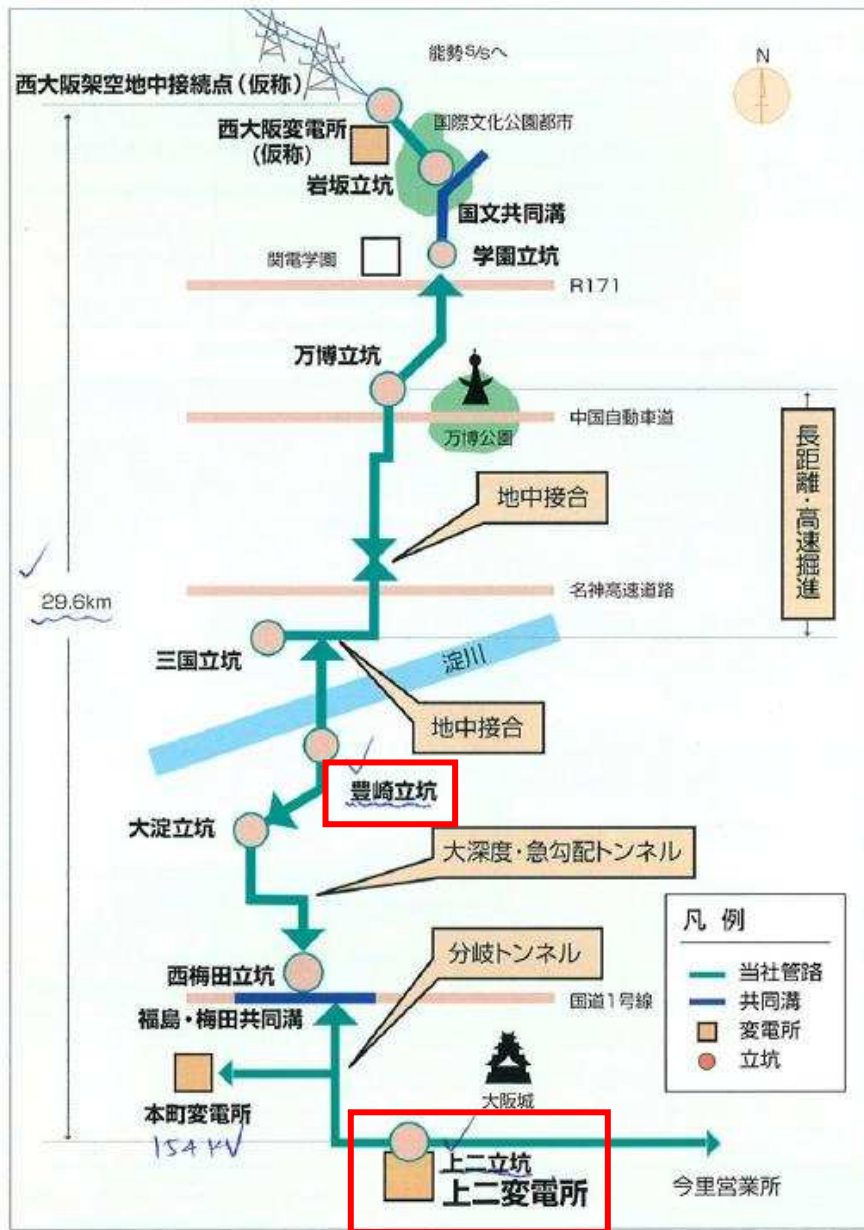


圖 2-1 路徑概要圖

西電力公司管轄，其內部之輸水設備及其工作區域有進行區隔，並由轄管單位獨立使用。定川橫斷洞道及中津洞道現階段已延放 154kV 電纜，目前規劃延放 500kV 電纜。

(二) 「上二變電所」及「上二立坑」簡介：

上二變電所為多目標地下變電所，變電所控制室位於地上 2、3 層，



地上 4 至 8 層為「關西電力公司」員工宿設，地下 1 層至 5 層則為變電設備空間位。地下第 5 層連接上二立坑頂部，上二立坑底部向西連接「谷町洞道」及向東連接「長崛洞道」，現階段亦已佈放 154kV 電纜，未來規劃佈放 500kV 電纜。

圖 2-2 為本次參訪之「豐崎立坑」、「上二變電所」及「上二立坑」位於大版市之位置空照圖。

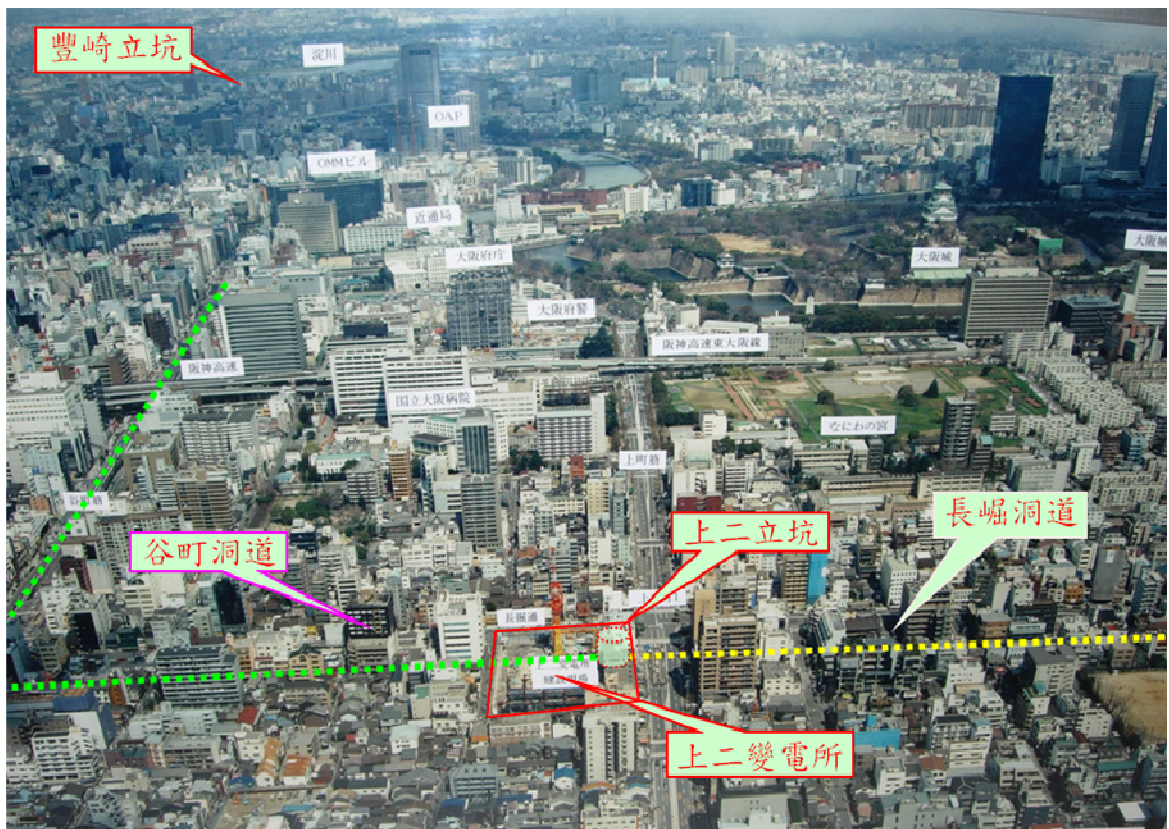


圖 2-2 豐崎立坑、上二變電所及上二立坑空照圖

## 二、 關西電力公司經營數據及設備簡介：

### (一) 關西電力公司經營統計摘要(2009年3月資料)

		Overview	(As of March 31, 2009)
【公司成立日期】	Date of establishment	May 1, 1951	
【資本額】	Paid-in capital	¥489,320 million	
	Outstanding shares	954,698,728	
【總資產】	Total assets	¥6,243,434 million (consolidated: ¥6,970,120 million)	
【員工數】	Employees	22,106 (based on employee registry)	
【售電量】	Energy sales volume	Lighting: 49,227 million kWh Power: 96,641 million kWh Total: 145,867 million kWh	
【用戶數】	Contracted customers	Lighting: 12,267 thousand Power: 1,128 thousand Total: 13,396 thousand	
	Gross system input	159,090 million kWh	
	System peak demand	33,060 MW (August 2, 2001) (Highest daily value at generating end)	
	Supply area	Entirety of Osaka, Kyoto, Nara, Shiga and Wakayama prefectures, greater part of Hyogo Prefecture, and portions of Mie, Gifu and Fukui prefectures	
	Operating revenues	¥2,565,372 million (consolidated: ¥2,789,575 million)	
	Operating loss	-¥51,931 million (consolidated: -¥12,581 million)	
	Current net loss	-¥41,775 million (consolidated: -¥8,796 million)	

- 包括大阪府、京都府、神戸縣、兵庫縣、和歌山縣全區
- 兵庫縣大部份地區
- 三重縣、岐阜縣及福井縣部分地區

### (二) 關西電力公司電力設備摘要(2009年3月資料)

		Electric Power Supply Facilities		(As of March 31, 2009)
Power plants	Hydropower plants	148 locations		
	【水力發電廠 148 座】	8,190 thousand kW		
	Thermal power plants	12 locations		
	【火力發電廠 12 座】	15,907 thousand kW		
	Nuclear power plants	3 locations		
	【核能發電廠 3 座】	9,768 thousand kW		
	Total	163 locations		
		33,865 thousand kW		
【輸電線路長度】	Transmission lines (length)	Overhead【架空】	14,096 km	
		Underground【電纜】	4,300 km	
【配電線路長度】	Distribution lines (length)	Overhead【架空】	122,718 km	
		Underground【電纜】	6,024 km	
【變電所數】	Substations	1,569 locations	150,667 thousand kVA	

### 三、 關西電力公司供電區域介紹

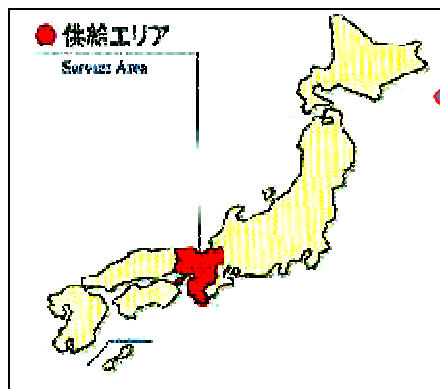


圖 2-3 關西電力供電範圍圖

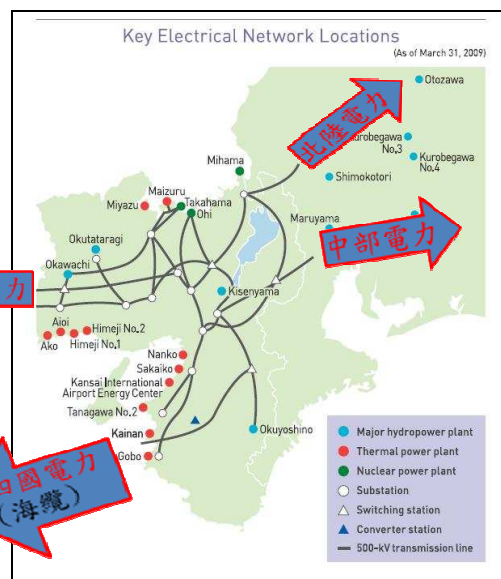


圖 2-4 關西電力 500kV 輸電線路網圖

### 四、 關西電力與台電公司比較

關西電力公司與台灣電力公司其公司規模及服務範圍均相當，表 2-1 為兩公司之基本資產及營業數據比較。

表 2-1 關西電力與台電公司基本數據比較表

	關西電力(2009.3.21)	台灣電力(2009.12.31)
公司成立	1951.5.1	1946.5.1
資本總額	新台幣約 1,812 億元	新台幣約 3,300 億元
總資產	新台幣約 23,123 億元	新台幣約 15,879 億元
員工人數	22106	26041
售電量	1459 億度	1792 億度
尖峰負載	33060 千瓩	31011 千瓩
用戶數	13396 戶	12415 戶
服務面積	28700 平方公里	36000 平方公里

## 參、實習內容

關西電力公司考量地下輸電線路之安裝品質、維修便利及供電可考性，並考量地面道路狀況等條件限制，一般採用潛盾式洞道或推管方式引接電纜。在此類洞道內佈設電纜線時，維修人員之作業便利性，作業安全性及防範意外災害發生、防止二次災害、洞道附屬設備是否容易復原等，均為重要的考量點。

因洞道附屬設備則無固定形式，需視現況及個案方式檢討及考量。除設計費時，也可能無法充分反映以往曾經發生之不良狀況或案例，產生設計與施工、營運維護之衝突。

為解決上述問題，關西電力整合電纜洞道或共同管溝之附屬設備的設計考量重點，以達成簡化及設計標準化目標。完成洞道附屬設施，有關洞道用附屬設備之概要如圖 3-1。

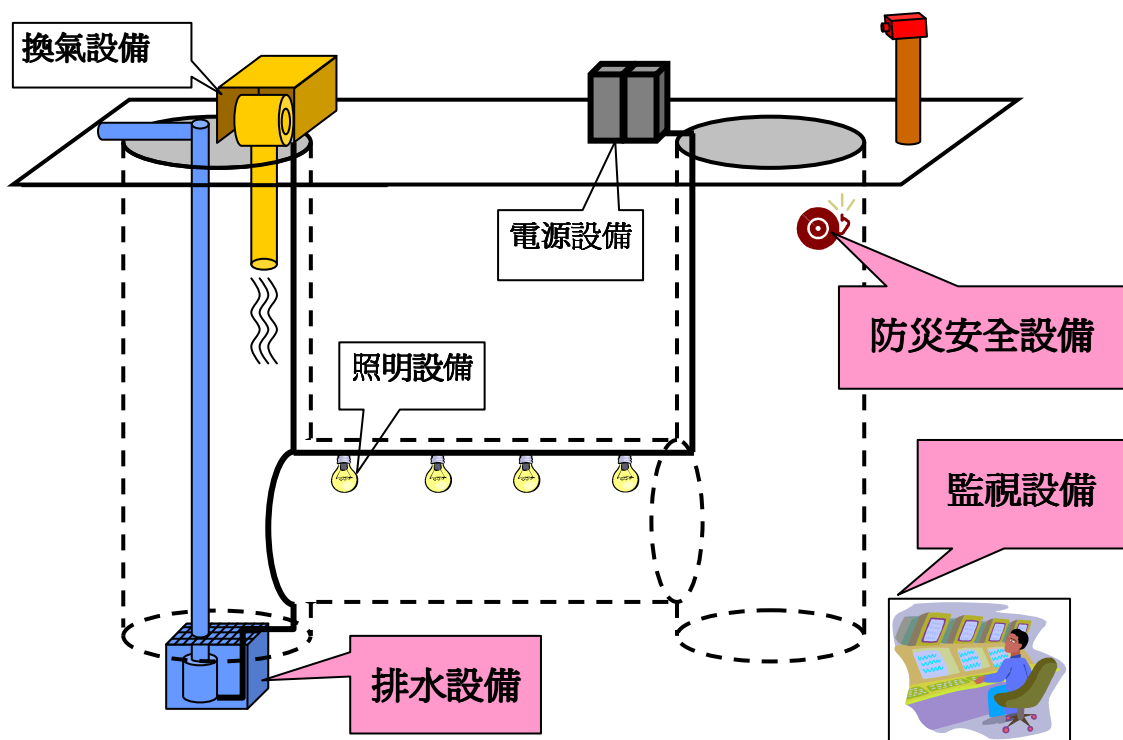


圖 3-1 電纜洞道附屬設備概要圖

以下將針對關西電力公司之電纜洞道排水（防水）、纜洞道人員管制通訊及監控、電纜洞道防災設備規範進行彙整，敘述如下：

## 一、電纜洞道 (排水) 防水設備

排水設備則是當洞道內發生漏水現象等而泡水時，為維護洞道內工作人員之安全而設置之必要設備，且適度排水亦可維持洞道本身的壽命及洞道環境衛生。

### (一) 排水設備設計的基本事項

#### 1. 設置排水設備考量重點

- (1) 設置排水設備時，應考慮量設置地點的土質、地下水位及施工中是否會漏水及湧水量，以檢討設置時期及設置規模等。
- (2) 排水溝、排水槽、排水管無法於事後增設，設計階段即應考量能確保最終必要排水量之構造。
- (3) 若施工過程中出現地下水湧水時，應設置幫浦抽水，但若於施工期間中，無地下水湧水現象時，亦應檢討是否在未來設置幫浦。
- (4) 安裝幫浦時應考量未來可能需要更換幫浦，故應事先考量安裝時期及必要排水量，再選擇適當規格的幫浦。
- (5) 應以發生緊急性大規模漏水現象及排水幫浦故障等因素為考量，設置兩台 100%輸出力之幫浦。

#### 2. 排水設備設計之一般事項

- (1) 應考慮幫浦容量等，採用三相 3 線式交流電、200V。
- (2) 自動及手動運轉可利用液面控制(水位標準開關等)方式切換，若有兩台幫浦時，可交替運轉。且該操作系統應設定為靠近幫浦處可手動操作，及用控制面板遙控操作之 2 種方式。
- (3) 洞道內排水溝橫切面斜率為 0.2%。

(4) 排水幫浦又可分成清水及污水用兩大種類，原則上應採用污水用的種類，避免吸入異物造成損壞。

## (二) 設計順序及標準化

洞道排水設計可依據設計標準化過程，透過經驗公式、設備功能圖形、表格，進行各階段設計工作。除可大量節省設計人時、縮短設計時程、亦可降低考慮不周全引致之設計錯誤，達到高品質及高效率設計成果，下圖為排水設備設計流程圖，以下針對流程圖各設計階段進行設計內容說明：

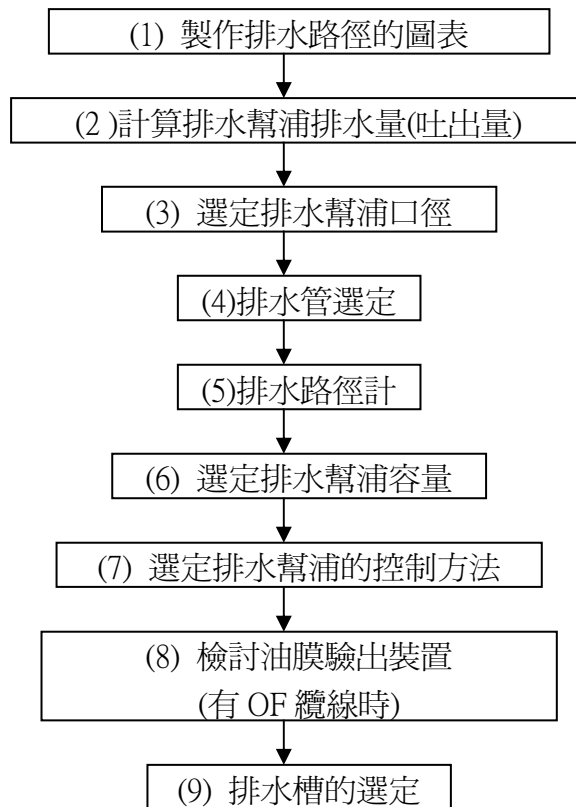


圖 3-2 排水設備設計流程圖

(1) 排水路徑之選定：從排水槽至放流點之排水路徑，應考慮盡量設置於洞道內外之最短路徑上，並設計排水路徑圖表。

(2) 計算排水幫浦排水量排水幫浦的排水量：需依照洞道湧水量及排水幫浦

之運轉・停止時間等而定，原則上可依下列公式算出。但是，預估將有較大湧水量時，則勿使用以下公式，必須個案檢討。

$$Q=3 \times 10^{-5} \cdot R \cdot L \cdot F_s$$

此時、 $3 \times 10^{-5}$  : 雨量 [m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>]  
 Q : 排水量 [m<sup>3</sup>/min]  
 R : 洞道外周長 [m]  
 L : 集水距離 [m]  
 F<sub>s</sub> : =2 : 施工時出現地下水湧水時  
 =1 : 施工時沒有湧現地下水時

(3) 選擇排水幫浦之口徑：依排水幫浦之排水量，透過表 3-1 選擇排水幫浦之出水口直徑。

表 3-1 設備排水之水中幫浦排水量範圍(據 JIS8325-1985 表 2 的標準)

出水口直徑 [mm]		40	50	65	80	100	125	150
排水量 範圍 [m <sup>3</sup> /min]	50Hz	0.10	0.16	0.25	0.40	0.63	1.00	1.60
		~	~	~	~	~	~	~
	60Hz	0.20	0.32	0.50	0.80	1.25	2.00	3.15
		~	~	~	~	~	~	~
		0.11	0.18	0.28	0.45	0.71	1.12	1.85
		~	~	~	~	~	~	~
		0.22	0.36	0.56	0.90	1.40	2.24	3.55

(4) 排水管之選定

(a) 配管尺寸：排水管尺寸，原則上應與排水幫浦出水口直徑相同者。

若設在不易更換配管之場所時，則應個案考慮水垢等問題，考慮加大尺寸。若設置於容易更換配管之場所時，則可考慮將兩台排水幫浦中的兩支配管橫切面積加大成兩倍，併設成單支配管。

(b) 配管材料：決定配管材料規格時，應考慮埋設條件、維修便利性等，

分別選定適當的配管材料，有時依現場狀況必須選用高度耐腐蝕材質。表 3-2 為各配管材料之比較結果，可作為個案檢討時之參考資料使用。

表 3-2 各種配管材之比較實例

種類		水管用途之鍍 鋅鋼管	水管用途之 硬質 PVC 內 襯鋼管	配管用途之 不鏽鋼管	硬質 PVC 管	耐衝擊性 硬質 PVC 管	配管用途之炭 素鋼管
記號		SGPW	VB	SUS304TP	VP	HIVP	SGP
防 蝕 規 格	內層	鍍鋅	硬質 PVC	—	—	—	—
	外層	鍍鋅	鍍鋅	—	—	—	—
腐蝕		△	○	△	○	○	×
強 度	埋入土 中 強度	○	○	○	○	○	○
	大型車 輛 可載運	○	○	○	△	△	○
成本(每一 m)		190	253	327	100	135	108

(5) 計算排水幫浦的全揚程

(a) 全揚程為實際全揚程+水頭損失，全揚程透過下列公式計算

$$H = H_a + (H_f + H_d) \times K$$

H：全揚程 [m]

H<sub>a</sub>：實際全揚程（實際的排水標準差）[m]

H<sub>f</sub>：摩擦損失水頭 [m]

H<sub>d</sub>：吐出速度水頭 [m]

K：計畫係數（=1.5：考慮劣化等不確定因素的比率）

(b) 摩擦損失水頭透過下列公式計算。

$$H_f = (\text{直管部位的長度} + \text{配管條件之直管相當長度}) \times h_f$$

h<sub>f</sub>：每 1m 直管的損失水頭

水管接頭及閥門等配管之直管部位數據可透過表 3-3 計算

利用下列公式計算直管每 1m 之摩擦損失水頭 h<sub>f</sub>。

$$h_f = \lambda \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad [m/m]$$

h<sub>f</sub>：直管每 1m 之摩擦損失水頭 [m/m]

λ：摩擦係數需要視水管粘度、流速、管內直徑、管內面的粗度而定

D：管內直徑 [m]

V：管內流速 [m/s]

g：重力加速度 (9.8)



表 3-3 不同配管條件之直管相當長度 (單位：m)

管直徑 mm 配管條件	25	32	40	50	65	80	100	120	150	200	250	300	350
90°彎管	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.8	2.2	2.7	3.7	4.3	5.2	5.5
90°直角彎管	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	1.5	1.7	2.1	2.4	2.7	2.9
球型閥門	13.7	16.5	18.0	21.3	23.5	28.6	36.5	-	-	-	-	-	-
隔離閥	-	-	-	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
逆止閥 球型控制閥門	2.2	3.1	3.7	5.2	6.4	8.2	11.6	15.2	19.2	27.4	36.6	42.7	-

水的  $\lambda$  值概算，得使用下列公式計算。

$$\lambda = 0.02 + \frac{1}{2000 D}$$

接著，用下列公式算出一般  $\lambda$  值。

$$\lambda = \frac{133.6}{C^{1.85} V^{0.15} D^{1/6}}$$

#### (6) 排水幫浦容量之選定

排水幫浦容量依幫浦的排水量和幫浦全揚程而定。其選擇方法大致可分為，從 JIS 規格中的幫浦效率和幫浦容量計算的方法及從幫浦廠商的目錄值選定之方法。

- (a) 方法一：透過 JIS 規格之幫浦效率計算幫浦容量的方法，JIS 規格之幫浦效率僅顯示最高和最低效率，可用作概略設計。從下表 3-4 及圖 3-3 選擇幫浦效率(B 效率)，再使用下列公式算出軸動力。

表 3-4 設備排水用水中馬達幫浦效率表 (參考自 JIS B8325-2003)

排水(吐出)量 [m <sup>3</sup> /min]	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.5	2	3	4
A 效率 [%]	30	35.5	38.5	43	46	47.5	49	51	53	55.5	57	59	60
B 效率 [%]	24.5	29	31.5	35.5	37.5	39	40	42	43.5	45.5	46.5	48.5	49

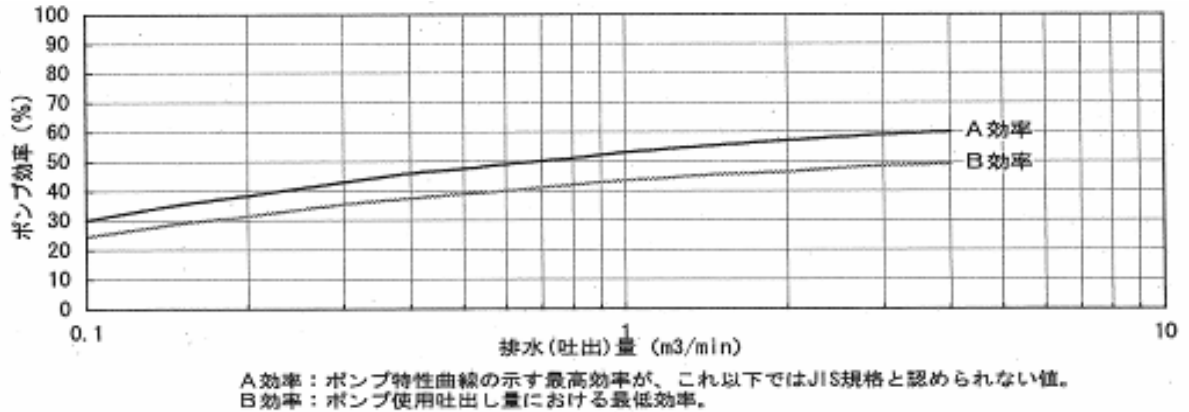


圖 3-3 設備排水用水中馬達幫浦效率圖（參考自 JIS B8325-2003）

STEP1：計算排水幫浦軸的動力

$$P = \frac{0.163 \times \gamma \times Q \times H}{\eta} \quad [kW]$$

$\gamma$ ：液體比重 [g/cm<sup>3</sup>]（水=1）

$Q$ ：排水量 [m<sup>3</sup>/min]

$H$ ：全揚程 [m]

$\eta$ ：依 JIS 規格中之幫浦效率

STEP2：求出馬達容量

$$P_x = \frac{P}{\eta_t} (1 + \alpha) \quad [kW]$$

$P_x$ ：馬達容量 [kW]

$P$ ：軸動力 [kW]

$\eta_t$ ：傳導效率（直接連結時：1）

$\alpha$ ：寬裕係數（依據共同管溝之設計指南而定）

0.3：～1.5 kW

0.2：1.5～5 kW

0.15：5～10 kW

0.1：10kW～

(b) 方法二：透過幫浦廠商目錄值進行選擇的方法

圖 3-4 係透過幫浦廠商目錄取得之性能曲線，以選擇幫浦排水量(吐出量)和從全揚程到幫浦的型式，馬達容量等規格。實際設計時常使用該方法，細部設計時亦使用此方法。

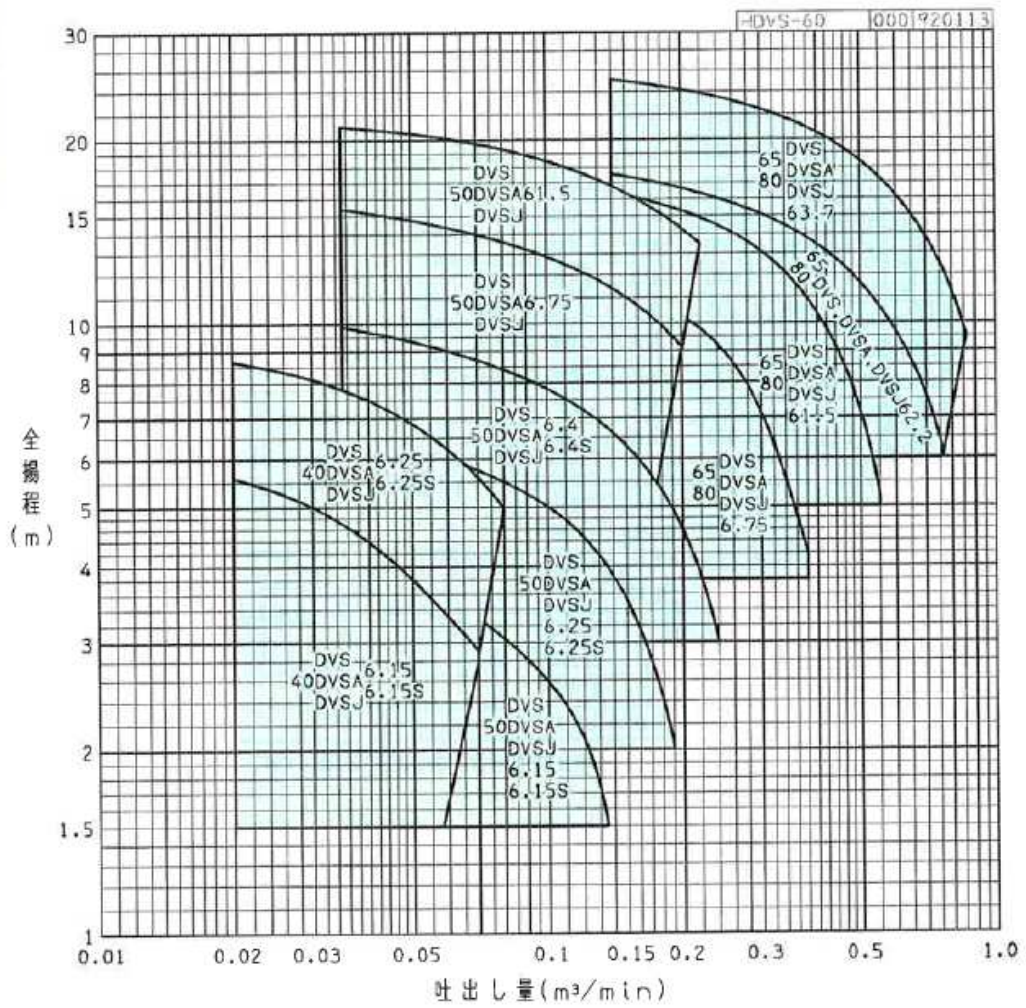


圖 3-4 幫浦廠商提供的幫浦性能值實例

(7) 選擇排水幫浦的控制方法

原則上排水幫浦之選擇，應依照圖 3-5 的方式，利用水位標準執行以下排水幫浦動作／停止的控制。

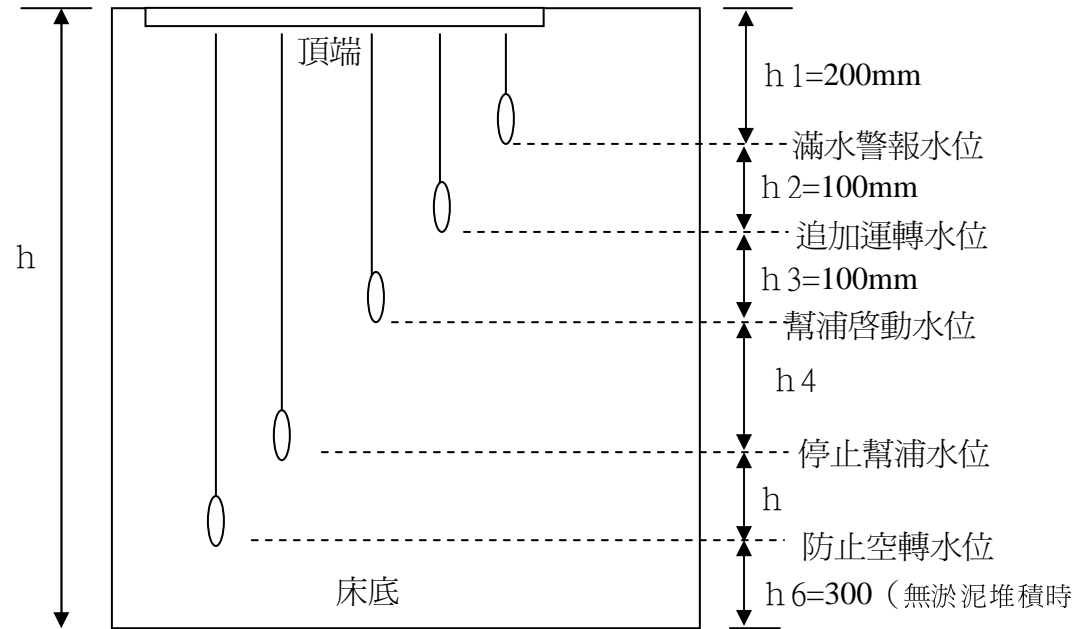


圖 3-5 排水槽的水位控制標準

水位控制標準可使用便宜又簡便的電極棒。水位控制設備如照片 3-1 所示



照片 3-1 水位控制用電極的實例

(a) 運轉形態

- ◆ 在排水槽中設置兩台容量 100% 的排水幫浦，同時為減輕幫浦負載，應讓這兩台幫浦平均交互運轉。

- ◆ 於啓動水位處讓一台幫浦運轉，排水結束達到停止水位時，即停止幫浦。
- ◆ 於啓動水位處，即使僅一台幫浦運轉，但一旦水位上昇到追加運轉水位時，就啓動兩台幫浦。
- ◆ 即使兩台幫浦均處於運轉狀態，只要水位上昇到滿水位警報位置時，即應發出滿水警報。

(b)水位控制標準

- ◆ 各水位控制標準高度標示如下。由於水波晃動而濺到最低高度時，會造成幫浦錯誤啓動，故最低高度應設定為 100mm。
- ◆ 排水槽頂端～滿水位警報水位  $h_1$ ，應考慮標稱 (grating) 標高和標準開關高度關係，設定為 200mm。
- ◆ 滿水警報水位～追加運轉水位  $h_2$ ，其最低高度應設為 100mm。
- ◆ 追加運轉水位～幫浦啓動水位  $h_3$ ，其最低高度應設為 100mm。
- ◆ 幫浦啓動水位～幫浦停止水位  $h_4$ ，透過下列方法計算因應有效貯水量  $V[m^3]$  之  $h_3+h_4$ 。(100mm 單位)
- ◆ 若將有效貯水量  $V$ ，得透過幫浦排水量  $Q$  及地下水湧水量  $W$  進行計算，計算公式如下。

$$V=n/(n+1) \times Q \cdot T_1 \quad \text{或是} \quad V=nWT_1$$

- 此時  $V$  : 有效貯水量 [ $m^3$ ]  
 $Q$  : 幫浦排水量 [ $m^3/\text{min}$ ]  
 $n$  : 停止時間/啓動時間的比率  
 $T_1$  : 啓動時間 [ $\text{min}$ ]  
 $W$  : 湧水量 [ $m^3/\text{min}$ ]

此外， $h_4$  可用下列公式求出

$$h_4=V/S-h_3 \quad [m] \quad \text{此時 } S: \text{排水槽平面面積 } [m^2]$$

- ◆ 幫浦停止水位～防止空轉水位  $h_5$ ，其最低高度應設為 100mm。
- ◆ 防止空轉水位～排水槽床底  $h_6$ ，得透過幫浦可運轉水位和淤泥高

度計算，為 300mm。但是，如另行設定淤泥堆積高度標準時，則應設定為 200mm。

- ◆ 排水槽的高度 (h)，代入 h1~h6 數值，利用下列公式計算。

$$\text{排水槽高度 } h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6$$

(8) 油膜檢測裝置(台電公司目前新設電纜均無充油電纜，故此章節僅供參考)

若收納 OF 電纜線時，為預防漏油及油洩漏到外面排水溝，需設置油膜檢測裝置。油膜檢測方法大致可分為光學檢測和靜電容量兩種方式。一般而言油膜檢測時，相較於靜電容量方式，光學方式更易測出較薄之油膜，但投資成本則比靜電容量方式高約十倍左右，而且經常出現誤判的情形。**故一般多採取靜電容量方式。**

下圖為靜電容量方式之概要及實際裝設情形。該裝置會隨時檢測水（誘電率比=70 以上）之狀態，但是一旦油（誘電率比=50 以下）流到水面上時，靜電容量會發生很大變化，該變化可透過檢測器回路測出，擴大震幅，啟動轉換器，輸出至接點信號。

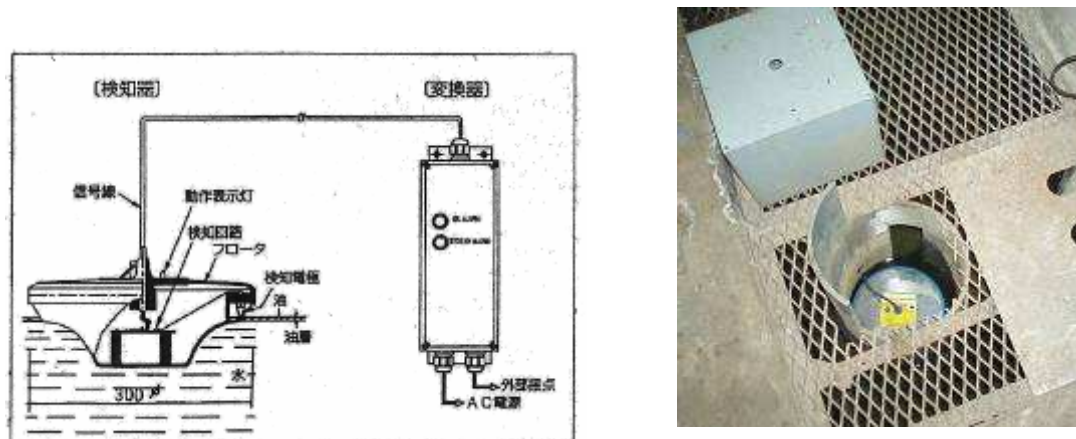


圖 3-6 靜電容量式油膜檢測裝置

(9) 排水槽的選定

基於前面各公式求出之排水幫浦規格及排水管位置後，各機器設備可

配置之排水槽大小及排水量，其大小如圖 3-7，設定為縱高 1m×橫寬 1m×高度 1.5m。另外，若需要設置前中所述之油膜檢測裝置時，應以個案方式檢討。

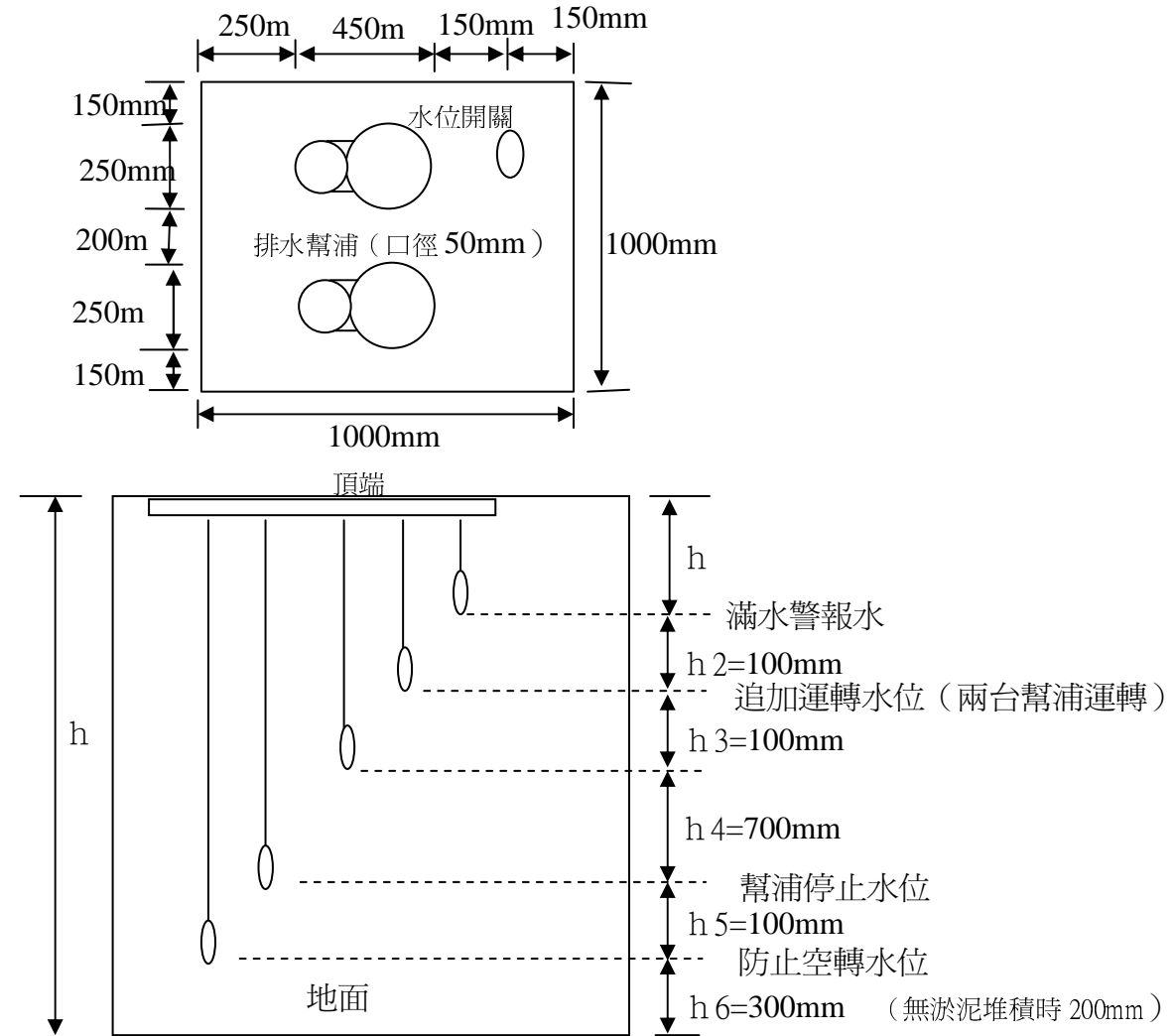


圖 3-7 排水槽的大小

### (三) 設計及運用之其它注意事項

關於排水幫浦的設置位置，依據一般使用型態可大略區別為水中設置型與地上設置型的 2 個種類，兩者之功能並無差別可自由選用。以往廣為使用的是水中設置型，設置於排水槽內因而周圍空間得以有效利用。但是，因為必須常時間設置於水中，在排水量特多或大型涵洞或深度大的涵

洞中，常發生腐蝕、故障的案例。關於這些位置，若是周圍具備可以設置的空間，也可使用地上設置型。地上設置型的排水幫浦也有其效果，在排水幫浦的維護效率提昇或壽命的延長方面效果顯著。

#### (四) 防水閘門防止河川溢流倒灌設計

1. 設置時機：洞道貫穿河川或灣岸下方。
2. 功能：當設施潰決或洪水等問題而浸水時，因高低差洪水可能通過洞道流入市中心造成水災，如圖 3-8 所示，而防水閘門之作用即在於防範此狀況。(民生安全考量)

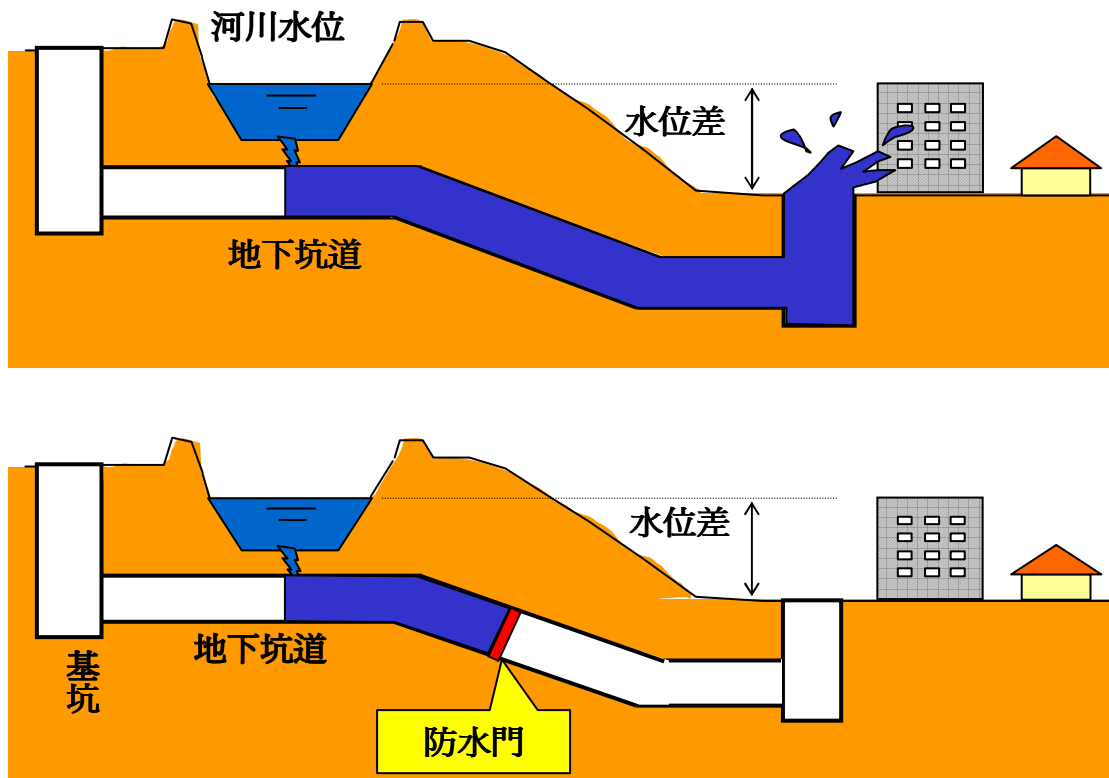


圖 3-8 防水閘門作用示意圖

3. 運作原理:利用水位感應器偵測水位，並利用電磁閥或浮筒切斷門防止洪水灌入，多設於與基坑之連接部分或地下洞道內各個區間內。。
4. 連接豐崎立坑之定川橫斷洞道內設有防水閘門，位置如圖 3-9 及照片 3-2



所示：



圖 3-9 定川防水閘門位置圖



照片 3-2 防水門（電磁閘式）之範例----定川橫斷洞道內實例



照片 3-3 防水門（浮筒式）之範例

## 二、電纜洞道人員管制、通訊及監控設備

監視設備係爲了確認洞道內狀況及監看工作人員入坑安全狀況而設置。還可用來確認設置於洞道內之附屬設備狀態及有無非法入侵等各種狀態。

### (一)附屬設備監控

係用於監視地下洞道附屬設備狀況的設備。主要功能包括監控地下洞道附屬設備之運轉狀況、故障情報、接收各種感應器傳送之警報訊息、及換氣或照明設備等部份設備之遠距離操作

地下洞道附屬設備之狀況由設備維修單位負責監控，但**入侵警戒裝置**或**防災安全設備**等部份警報資訊，仍應考慮夜間或發生緊急狀況時，由控制點（如電力系統之操作單位）立即因應，監視設備概圖如圖 3-10 所示：

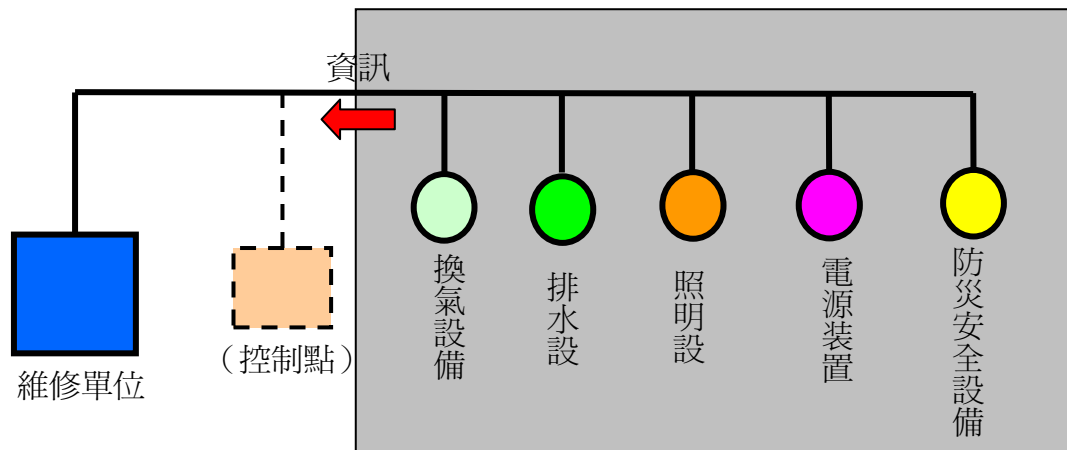


圖 3-10 監視設備之概要圖

表 3-5 及圖 3-11 爲日本 J-POWER SYSTEM 公司彙整之各類附屬機電設備監控項目及功能詳細表及電纜洞道監控設備配置及分佈圖，該系統可將各監控項目整合於同一介面(監控螢幕)，並進行各類訊號連續紀錄及警報功能。

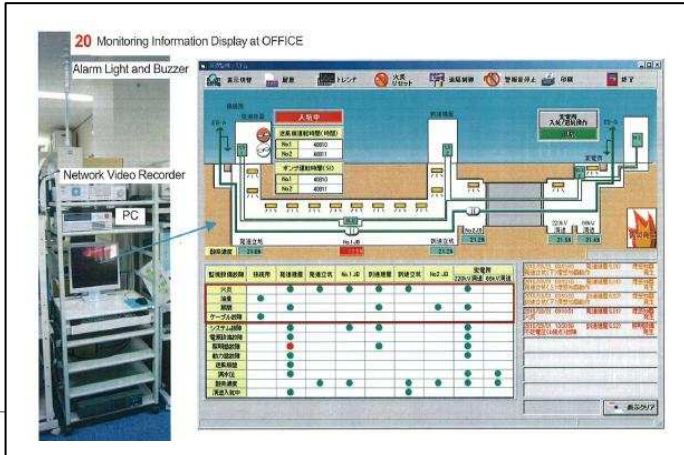
表 3-5 監測項目及功能詳細表

MONITORING ITEM	No.	COMPONENT	FUNCTION
VENTILATION 通風	1	FAN	Ventilation fan is started automatically by each condition of the following; 1. The oxygen concentration becomes lower than 18%. 2. Cable Surface Temperature becomes higher than 40 Celsius degree. Ventilation fan is stopped automatically by the following condition; 1. Fire Detection
	2	Oxygen Monitor	
LIGHTING 照明	3	LIGHT	
DRAIN 排水	4	PUMP	Pump is operated according to water level monitored by Level Switch.
	5	Level Switch	
FIRE DETECTION 火災偵測	6	Fire Detection Cable at each section	Fire is detected by DTS system or line-type heat detection cable. Bell is rung and escape direction light is indicated for safety direction.
	7	BELL	
	8	Escape Direction Indicator	
GATEKEEPER 門禁管制	9	Limit Switch	The Network Camera is started to record by trigger of limit switch. Door open alarm is concealed by alarm lock switch.
	10	Network Camera	
	11	Door Open Alarm Lock Switch	
CABLE MONITORING SYSTEM 電纜監控系	12	Load Current Detector	Cable surface temperature profile and load current are monitored. Conductor temperature is calculated based on cable surface temperature and load current.
	13	Cable Surface Distributed Temperature Monitoring	
	14	Optical fiber in Power Cable	
INTRUSION DETECTION 侵入監控系	15	Infra-Red Light Beam Detector	Alarm is output and the image is recorded in case that intruder crosses infra-red light beam.
	16	Network Camera	
DATA PROCESSING SYSTEM 訊號處理系統	17	Monitoring Master Station	Monitoring Station acquires all data of sensor and equipment and outputs alarm. Each equipment is connected and communicates via optical fiber network. All data and information of sensor and equipment is monitored at maintenance office.
	18	Monitoring Local Station	
	19	Optical fiber for Information Network Communication	
	20	Monitoring Information Display at OFFICE	



For Taiwan Power Company

20 Monitoring Information Display at OFFICE



JTD53-10410  
2010/10/19  
J-Power Systems Corp.  
Power Information systems department

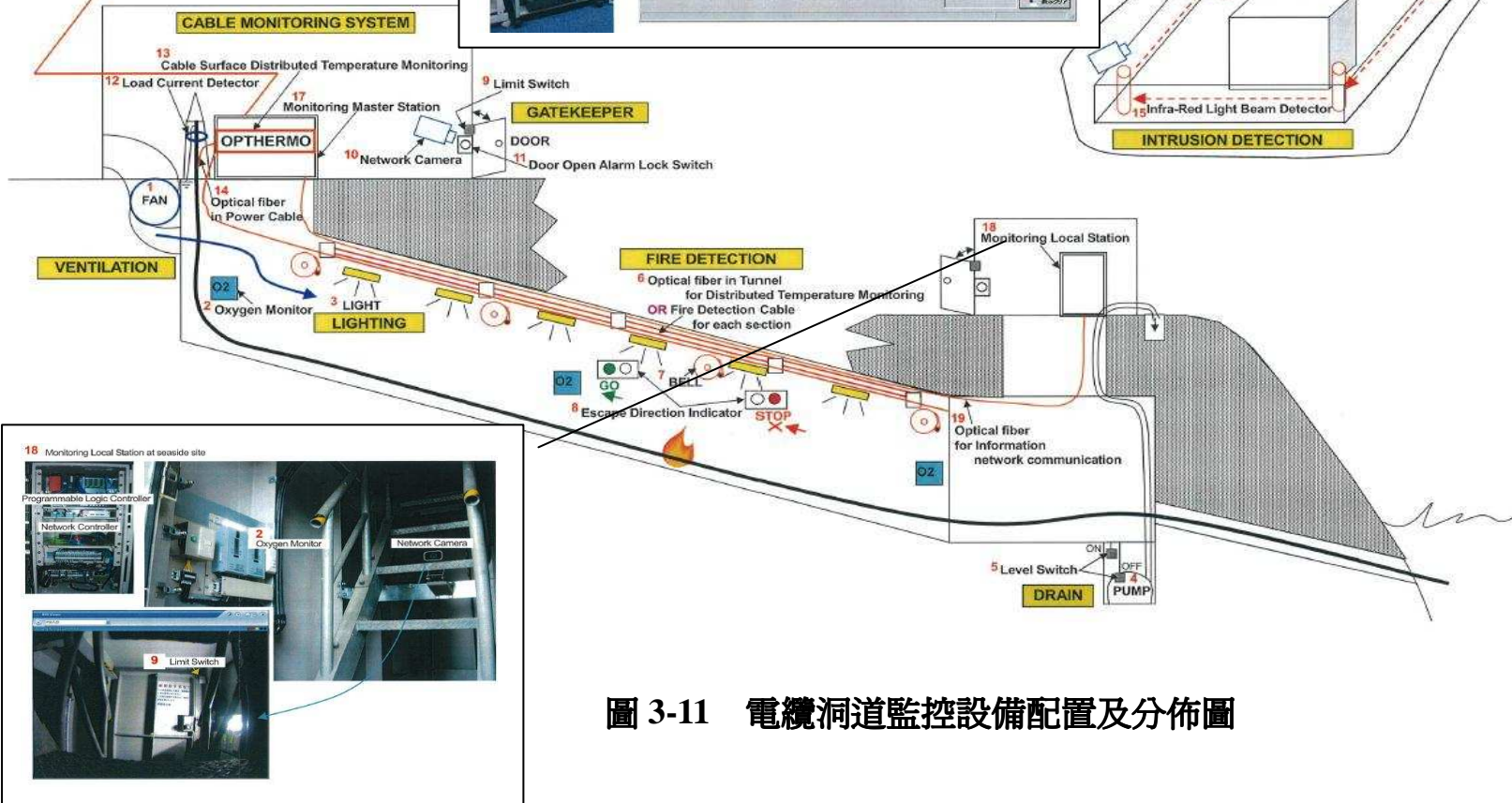


圖 3-11 電纜洞道監控設備配置及分佈圖

涵洞附屬設備之監視設備概要如前項所述，實際設計時，視監視何種設備？應附加何種控制機能？以上因素會使設計產生大幅變化，難以採用標準範例表示，故「**監視設備對於個別設計要求極高**」。

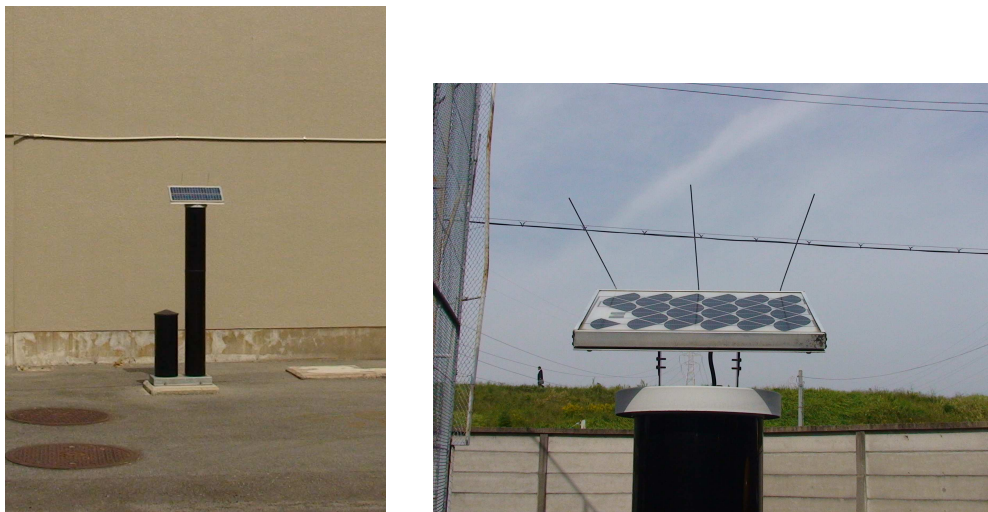
## (二)人員管制監控設備

### 1. 入侵警戒裝置

入侵警戒裝置裝設於洞道入口處或入口處旁小屋，作為監視與警報之用，以防止可疑人物之入侵並攝錄周遭狀況。以下為其相關設備之概要及裝設方針。

#### (1) 紅外線式警戒感應器

裝設於洞道入口處及入口處旁小屋附近之警戒感應器，以防止歹徒入侵。以紅外線包圍入口處之方式進行裝設，可及早發現可疑人物入侵，但其缺點是對小動物或樹木之擺動亦有反應，如照片 3-4。



照片 3-4 變電所周圍設置紅外線感應器

### 2. 門扉開閉感應器

係指裝設於洞道入口處感應門扉開閉狀況之感應器。當開門時警報便傳輸開啓訊號，因此其功能如前述紅外線式警戒感應器一般，可及早發現可疑者之入侵。且此感應器對於小動物或樹木等較無反應，因此其偵測

效果較佳，如照片 3-5。



照片 3-5 洞道入口處之門扉開閉感應器

### 3. 固定式監視器 (ITV)

裝設於洞道入口處或入口處小屋附近，已攝錄週遭狀況。可直接於控制室瀏覽攝影畫面及操作監視器。一般而言，較常與前述之紅外線式警戒感應器及門扉式開閉感應器共同運作，平時監視器以一定之動作監視週遭狀況，但當感應器偵測出異常時會自動錄攝該處，如照片 3-6。



照片 3-6 紅外線感應器配合監視及照明設備



### 三、電纜洞道防火設備

防災安全設備則是在洞道發生意外事故或災害時，可讓洞道內工作人員迅速避難、及早因應意外狀況而設置。

本公司目前電纜洞道並無設置防火設備，僅於洞道與直井、變電所之人員出入口設置手提式滅火器，原因係電纜屬難燃材質，洞道內基本上不存在可供燃燒之物質，且長距離洞道若有產生火焰，其氧氣消耗快速致無助燃氣體，故於設計時即假設電纜洞道不會發生火災。

關西電力於電纜洞道設置火災偵測設備，其原因係輸電設備對民生及政經運作至為重要，基於對社會負有重大責任為出發點，故仍設置火災偵測設備。

本章節僅對關西電力電纜洞道防火設備及運作進行概述，對於設計步驟則不另敘述。

#### (一)火災偵測設備

針對地下洞道等細長型架構物所裝設之火災偵測設備，一般而言其長邊之感應區域係採用熱感應定溫偵測線型感應器（火災偵測線），而基坑等利用平面監控火災發生之地點者，則採用熱感應定溫焦點型（防水型）感應器，其概要圖如圖 3-12 所示。

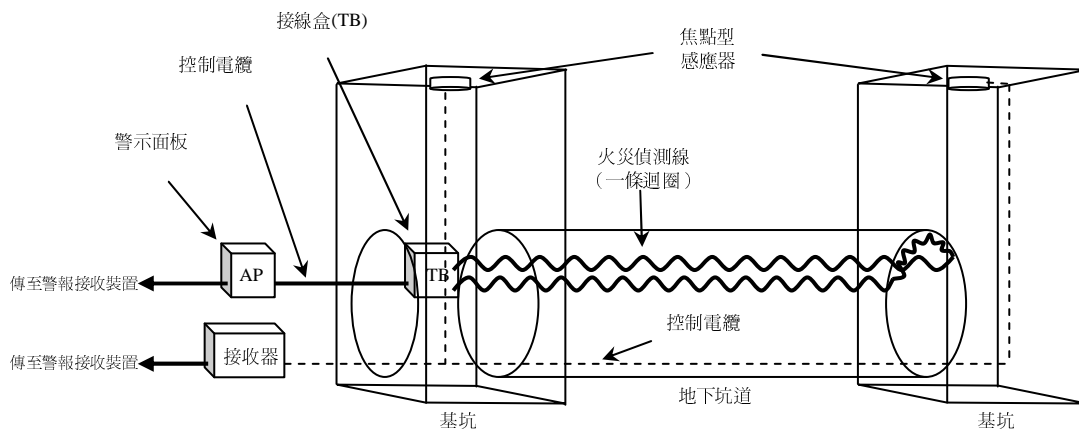


圖 3-12 火災偵測設備概要圖

## 1. 火災偵測線（定溫感應線型感應器）與火災偵測設備

火災偵測線之導體係由兩條外覆可溶性絕緣材質之電線搓結而成，當周遭溫度上升時絕緣材質便自動溶化發出短路訊號，同時警報接收盤發出警示訊號。基本架構詳見圖 3-13，安裝實例如照片 3-7(1)(2) 所示，各設備之概要則如表 3-6。

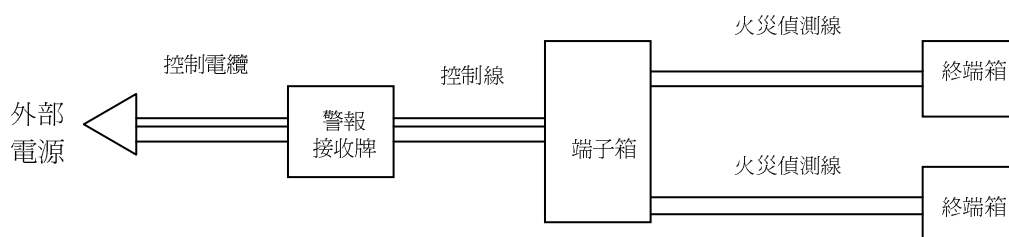


圖 3-13 火災偵測線之基本架構圖



照片 3-7(1) 火災偵測線



照片 3-7(2) 偵測線接線盒(Terminal Box)

表 3-6 火災偵測線設備概要表

機器名稱	概要
警報接收盤	接收火災偵測線發出之訊號，啟動警報器，警示燈開始閃動。同時，接收盤內建外部接點，可對外輸出警示訊號。
端子箱	用於連接火災偵測線與警報接收盤。內建切斷開關，當火災偵測線檢測絕緣抗阻時，可隔開電路。
終端箱	用於保護火災偵測線兩端終結點。內建短路開關，可確認電路之疏導及斷線狀況等。
控制電纜	連接警報接收盤與端子箱之控制電纜。
火災偵測線	火災偵測線主體。導體由兩條外覆可溶性絕緣材質之電線搓結而成，當週遭溫度上升時，絕緣材質便自動溶解，使兩條電線短路發出警訊。偵測溫度有 90°C 及 140°C 兩種，但設定為 90°C 時偵測速度較快，因此一般多以此為標準。



(a) 配線方式之檢討

火災偵測線之配線方式計有單獨配線式及迴圈配線式兩種，配線之區間及其條數之選擇係參考設備之類型與電纜之重要性而決定。

火災偵測線可於同一路線上同時裝設 2~3 條電線，以防絕緣包材受外力影響破壞而導致誤動作之發生。避免由單一偵測線傳輸警示訊號。(例如裝設 3 條迴圈，由 2 條負責傳輸警報訊號)

(b) 火災偵測線之配置方法

火災偵測線之配置係根據日本消防法施行規則第 23 條第 4 項之規定，實施如下。同時，考慮電纜等之配置方式，選擇偵測線之使用數目最少但最具功效之裝設地點。原則上，火災偵測線裝設於天花板上，且位於裝設面下方 0.3m 以內之距離。火災偵測線之裝設面至地板之高度如下圖·所示般需低於 8m。火災偵測線至牆壁之水平距離需低於 3m。火災偵測線設置位置如圖 3-14 所示。

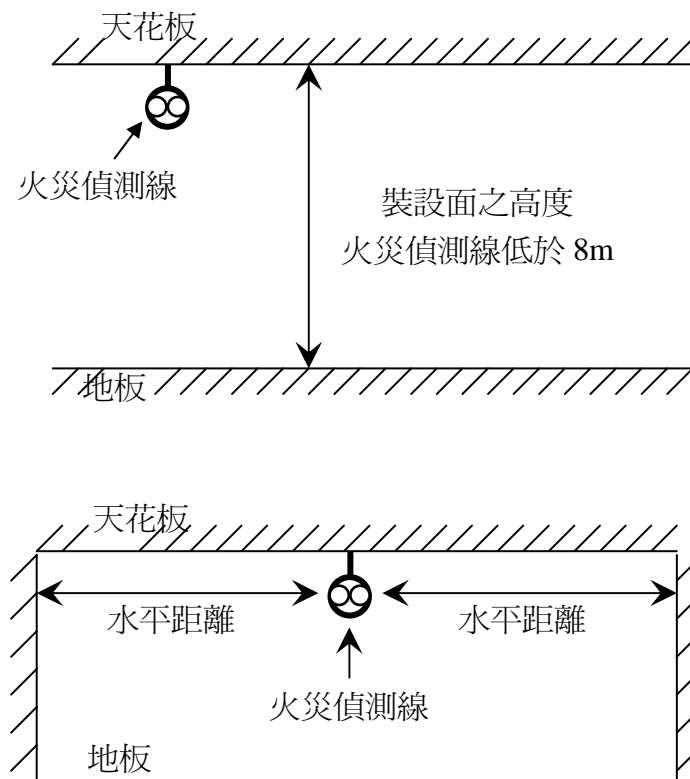


圖 3-14 火災偵測線設置位置示意圖

## 2. 熱感應定溫焦點型(防水型)感應器與火災偵測設備

熱感應定溫焦點型(防水型)感應器當某部分之週遭溫度高於一定溫度時，機器便自動發出火警訊息，同時接收器顯示警示訊號。其基本架構如圖 3-15，各機器之概要則如表 3-7。

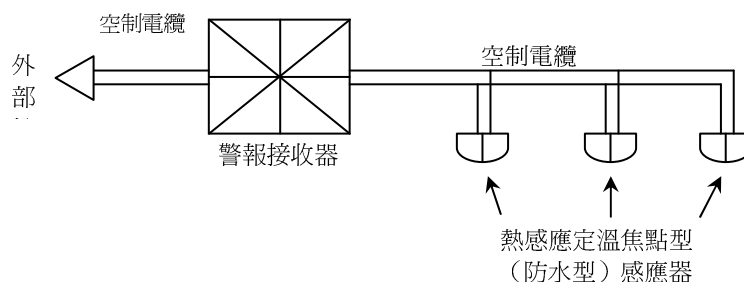


圖 3-15 熱感應定溫焦點型(防水型)感應器之基本架構

表 3-7 感應器之設備概要表

機器名稱	概要
接收盤	接收感應器傳送之訊號，發出警報。
空制電纜	連接各機器之電纜。
熱感應定溫焦點型(防水型)感應器	感應器主體。當某部分之週遭溫度高於一定溫度時，機器立即發出火災訊息。

### (a) 熱感應定溫焦點型（防水型）感應器的配置方法的配置方法

感應器裝設面之高度如圖 3-16 所示，屬於特種或甲種者須低於 8m，乙種者須低於 4m。

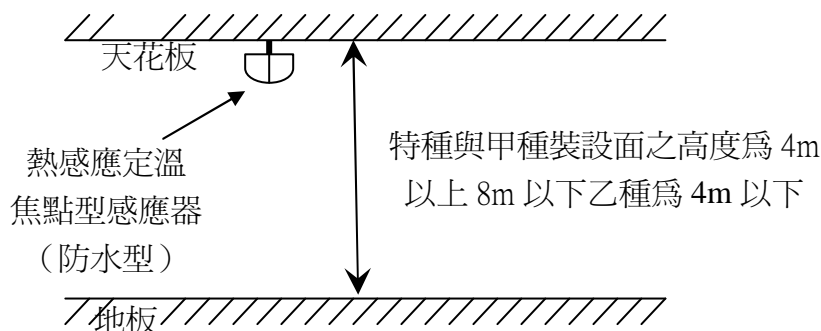


圖 3-16 感應器裝設面之高度示意圖



照片 3-8 熱感應定溫焦點型(防水型)感應器

#### 四、 其它防災設備

##### (一)通訊設備

為因應維修、檢查及事故或災害發生時建築內外等之聯絡及通訊，通報設備是極必要的裝置。特別是地下洞道隨著施工距離之延長，使得通報設備更形重要。

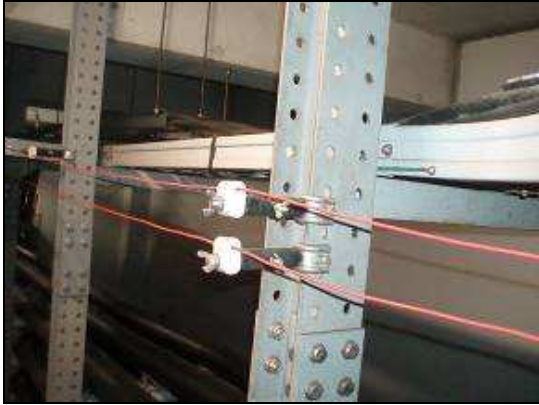
目前通訊方式可分為有線通話、指引式無線通話及 PHS 等，採用何種方式則依其用途、成本、通話品質與維護地點等條件決定。各類通訊設備安裝實例如照片 3-9~照片 3-14 所示。



照片 3-9 插座式通話設備(插座)



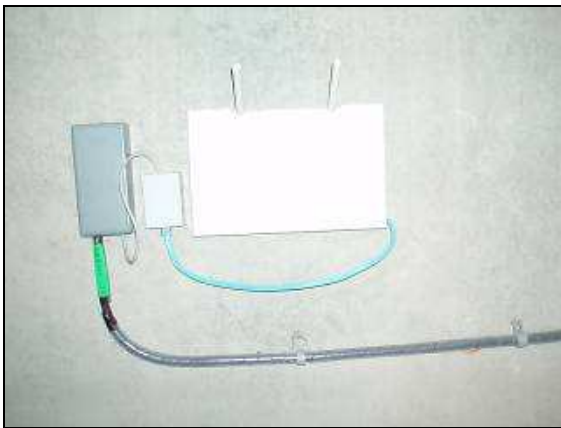
照片 3-10 插座式通話設備(通話機)



照片 3-11 指引無線式通話設備(指引線)



照片 3-12 指引無線式通話設備(綜合台)



照片 3-13 PHS 式之 Repeater 範例



照片 3-14 PHS 式手機範例

## (二) 避難指引設備

為確保地下洞道內發生火災等其他事故時作業員之安全，應配備可指引作業員等迅速向外疏散之設備。以下將針對避難指引設備說明其裝設事項及規格。

### 1. 避難指引設備之概要

避難指引設備為可指引作業員迅速從地下洞道向外疏散，需視情況所需裝設避難指引燈（避難指示牌）、警報器、警鈴、紅色迴轉燈等。其概要圖如圖 3-17 所示。

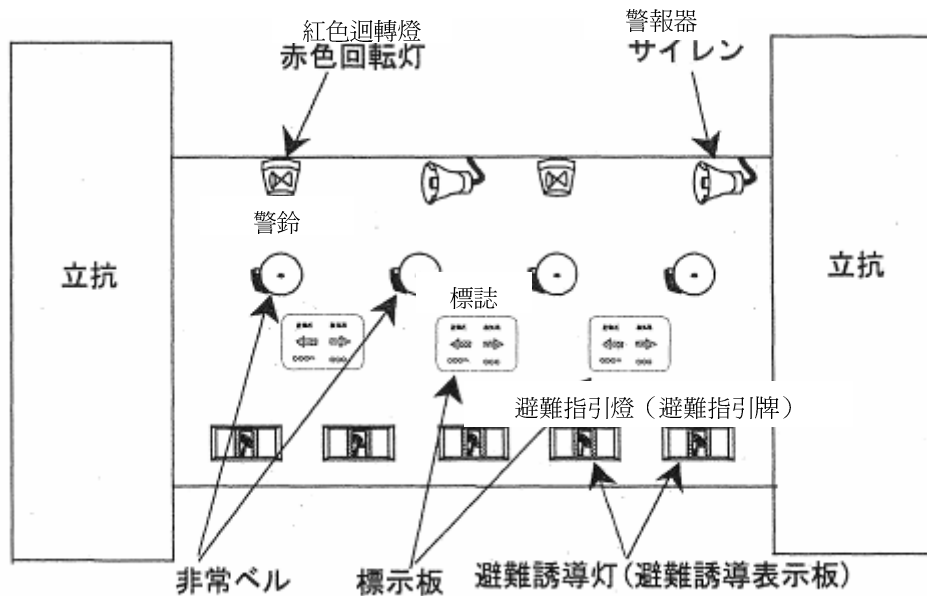


圖 3-17 避難指引設備概要圖

## 2. 避難指引燈(標示板)設備之設計

### (1) 避難指引燈定義

裝設於地下洞道之避難出口處或通路上，災害發生時指引作業員避難，內建燈管照明稱為避難指引燈，以固定標示板指引者稱為避難指引牌。

### (2) 避難指引燈之配置方法

避難指引燈(標示牌)之配置係依以下標準設計裝設位置及數目。裝設間隔為步行距離 200 m 以下。且轉角等處需縮短指引燈(標示牌)之裝設間隔，以利辨識。避難指引燈需內藏電池，確保停電時維持一定照明時間(30 分鐘左右)。避難指引燈電路與一般照明電路區隔。為避免停電時避難指引標示牌無法辨識，標示牌宜裝設於緊急照明下方，避難指引燈。避難指引燈裝設實例如照片 3-15 所示，位置如圖 3-18 所示。



照片 3-15 避難指引燈之範例

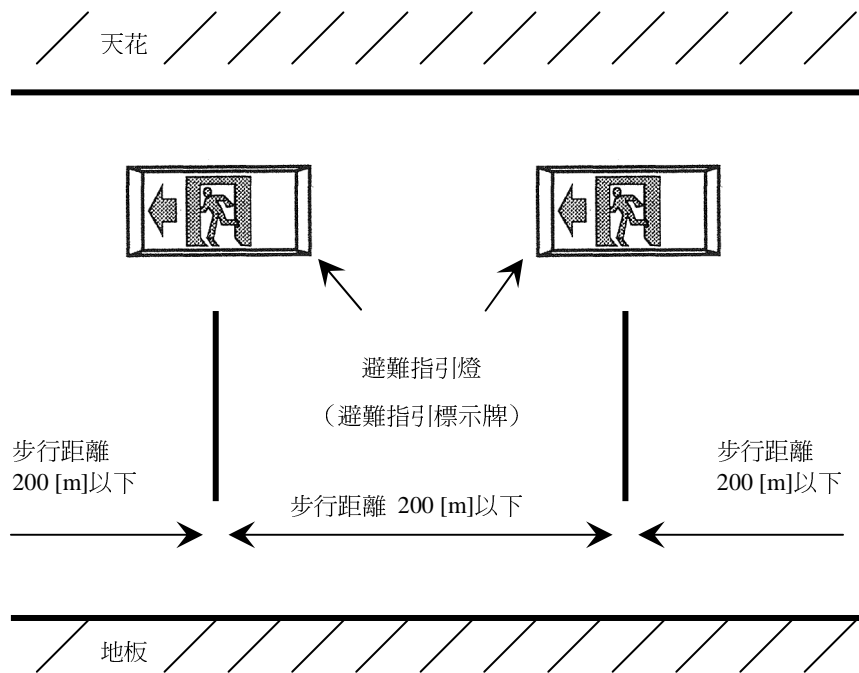


圖 3-18 避難指引燈裝設位置圖

### (三) 警報設備、(警報器設備、警鈴設備、紅色迴轉燈設備)之設計

#### 1. 警報設備之概要

裝設於洞道內通路等處，用於火災發生時以視覺或聽覺通知作業員之警報設備，如警報器設備、警鈴設備或紅色迴轉燈設備等。

#### 2. 警報器之配置方法

警報器之配置係根據以下標準設計裝設位置及數目。警報器之裝設間隔約 200m。當火災偵測設備偵測出火災時，洞道內之警報器便連動運作，警報器裝設實例如照片 3-16 所示，裝設圖如圖 3-19 所示。

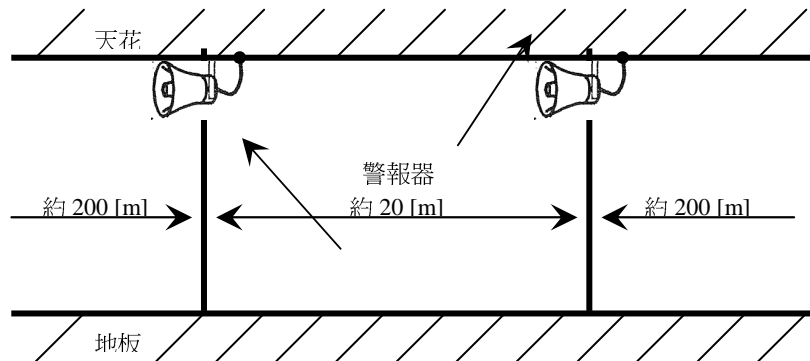


圖 3-19 警報器之裝設圖

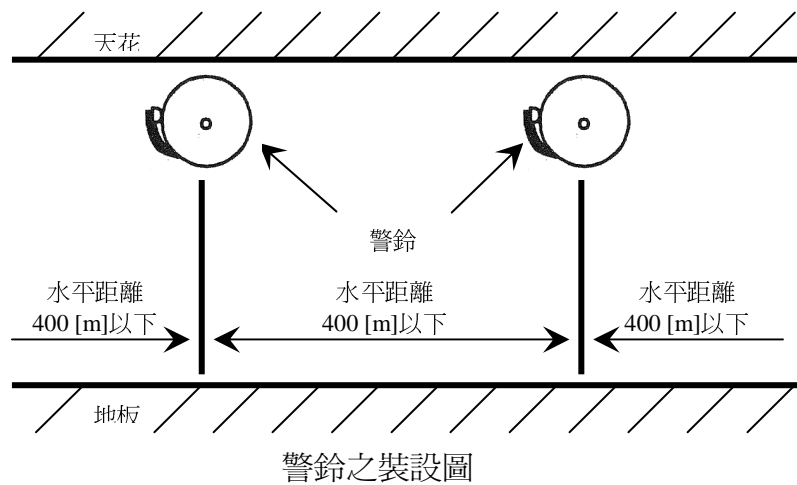


照片 3-16 警報器範例

### 3. 警鈴之配置方法

有關警鈴之配置係依以下標準設計裝設位置及數目。警鈴裝設間隔之水平距離需低於 400 m。當火災偵測設備測出火災時，警鈴即刻運作。

警鈴裝設實例如照片 3-17 所示，裝設圖圖 3-20 如所示。



照片 3-17 警鈴範例



#### 4. 紅色迴轉燈之配置方法

紅色迴轉燈之配置係依以下標準設計裝設位置及數目。紅色迴轉燈需採用防水材質且以約 200 m 之間距裝設。當火災偵測設備測出火災時，紅色迴轉燈即刻運作。紅色迴轉燈裝設實例如照片 3-18 所示，裝設圖如圖 3-21 所示。

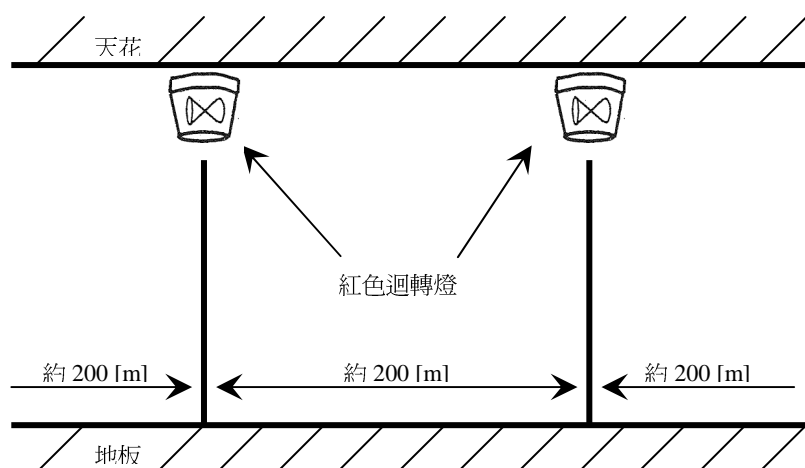


圖 3-21 紅色迴轉燈裝設圖



照片 3-18 紅色迴轉燈之範例

#### 5. 之配置方法

標示牌之概要指裝設於地下洞道內，以提供該處作業員指引或管理資訊於之設備。標示牌之配置方法距離標示牌之配置間距約 100 m。指引或管理等其他標示牌之裝設則視情況所需決定。標示牌裝設實例如照片 3-19 所示，裝設圖如圖 3-22 所示。



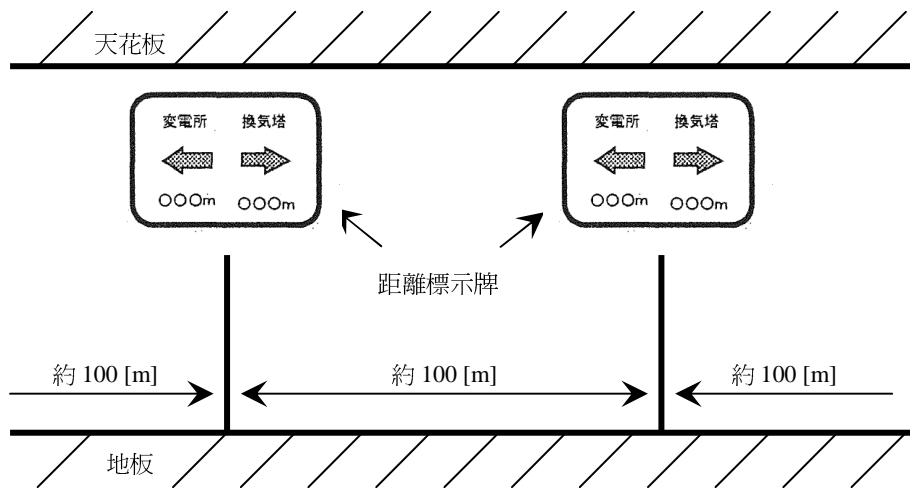


圖 3-22 距離標示牌之裝設圖



照片 3-19 距離標示牌之範例

#### (四) 其它安全設備

##### 1. 氧氣濃度感應器

為確保洞道內人員可安心作業（安全對策），洞道內宜裝設氧氣濃度感應器。惟解決缺氧之基本對策為『抽風換氣』，因此氧氣濃度感應器之裝設與否則係根據電纜或附屬機電設備最終端之維修地點，並考量其需求判斷決定之。

目前，氧氣濃度感應器之種類依照檢測方法分為數種，茲表 3-8 比較伽凡尼 (Galvanic) 電池、濃淡型氧化鋯 (Zirconia) 及氧化鋯 (Zirconia) 固體電解等三種方式

表 3-8 氧氣濃度感應器之比較表

偵測方式	氧化鋯固體電解方式	濃淡型氧化鋯方式	伽凡尼電池方式
檢測原理	利用氧氣擴散檢測界限電流	利用氧氣之濃淡檢測起電力	利用電氣化學反用檢測電流
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>壽命長(3 年以上)</li> <li>無須維修(無須維護與校正)</li> <li>無須標準氣體</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>是用於低濃度區域之檢測</li> <li>用於高溫氛圍中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>攜帶方便</li> <li>使用方法簡單</li> </ul>
感應器之使用壽命	3 年以上	約 1 年	約半年
備註	<ul style="list-style-type: none"> <li>不受 CO<sub>2</sub> 影響</li> <li>檢測範圍廣，自 ppm order 至 95%O<sub>2</sub> 均可</li> <li>氛圍氣體穩定</li> <li>可燃性氣體之影響較小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器體積較大</li> <li>電力消耗較大</li> <li>需標準氣體</li> <li>可燃性氣體之影響較大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需定期校正</li> <li>壽命較短</li> <li>對結露高低溫之耐性較差</li> <li>受 CO<sub>2</sub> 影響</li> </ul>
資材費用	初期使用	1.0	0.95
	運轉費用(年)	1.0 (每三年更換一次)	4.0 (每一年更換兩次)
	10 年所需費用	1.0	2.8

考量經費及使用壽命，一般係採用氧化鋯固體電解式裝設，照片 3-20 為該種氧氣濃度感應器裝設之實際情形。照片 3-21 為伽凡尼電池方式氧氣濃度感應器。



照片 3-20 氧化鋯固體電解式氧氣濃度感應器



照片 3-21 伽凡尼電池方式氧氣濃度感應器

## 2. 可燃性氣體感應器

可燃性氣體感應器一般與同一地下洞道內之氣體導管合併裝設，可用於海灣沿岸人工填埋地內之洞道等，可能發生沼氣之特殊場合，以便及早發現氣體確保作業員之安全。一般有接觸燃燒方式、半導體式及熱線型半導體式等三種主要方式，茲以表 3-9 比較之。

表 3-9 可燃性氣體感應器之比較表

檢測方式	接觸燃燒式	半導體式	熱線型半導體式
檢測原理	利用觸媒表面與氣體之接觸燃燒檢測白金線圈之溫度上升變化（抗阻變化）	利用金屬氧化物半導體吸附氣體，電氣傳導度之變化	利用白金線圈之兩側檢測金屬氧化物半導體表面吸附氣體之熱傳導度及電氣傳導之抗阻值變化
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>可檢測濃度範圍較為廣泛</li> <li>溫度之影響較少</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>靈敏度高，用於低濃度之檢測</li> <li>使用壽命長</li> <li>耐久性比接觸燃燒式之感應器佳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>靈敏度高，適用於低濃度之檢測</li> <li>體積比半導體式感應器輕巧且省電</li> <li>使用壽命長</li> <li>毒性吸附力比接觸燃燒式感應器佳</li> <li>可選擇感應器體</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>矽化合物、硫磺物、氯化物等氣體之影響容易吸附毒性</li> <li>元件之使用壽命較短</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>靈敏度易受溼度影響</li> <li>氣體濃度較高時，將影響靈敏度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>靈敏度易受溼度影響</li> <li>氣體濃度較高時，將影響靈敏度</li> </ul>
精準度（檢測範圍）	0~2000ppm	0~2000ppm	0~2000ppm
使用壽命	1 年	5 年	5 年
費用	1.0	1.0	1.0



照片 3-22 為熱線型半導體式可燃性氣體感應器之範例

### 3. 溫度感應器

溫度感應器係用於檢測洞道內之溫度，以防止溫度異常上升損壞電力設備，或保持適當溫度提供合適之作業環境。為防止洞道內溫度上升，此感應器之另一作用在於當機器測出溫度超過規定值以上時，可啓動抽風設備自動換氣。目前關西電力規範規定溫度超過 40°C 啓動抽排風機；台電公司則規定超過 41 °C，啓動抽排風機。



照片 3-23 溫度感應器之裝設範例

## 肆、心得與建議

### 一、 建立附屬機電設備標準化設計

關西電力公司針對電纜附屬機電設備設計部分，考量洞道內鋪設電纜線時，維修人員之作業便利性，作業安全性及防範意外災害發生、防止二次災害、洞道附屬設備是否容易復原等設計重點。考量洞道附屬設備常無固定形式，須依據現況及個案方式檢討及考量，不僅設計費時，也可能無法充分反映過去所發生的不良狀況或實例，常出現設計衝突。

針對以往之問題，關西電力公司整合洞道附屬設備的設計考量點，以簡化及設計標準化為最終之目標。設計標準化可達到如下之效果：

#### (一) 高品質的設計

由於標準設計係針對過去設計之優點及參考過往之經驗，故能夠補充以個案方式進行設計時之思維上不足，進而做出高穩定度及高品質的設計。例如，將電源做複數備份系統之觀念標準化，萬一單一系統發生意外時，不會因而中斷電源供應。此為提昇設計品質之實例。

#### (二) 降低成本

訂定設計標準時，建立以中長期營運目的為基本考量，即可降低長期營運維護成本。例如，為節約成本而採用廉價之附屬設備，結果反而導致設備使用壽命短，頻繁更換使維修費用增高，故可訂定長期目標以達實現降低成本之目的。

#### (三) 縮短設計工期

訂定設計標準時，將個案設計時之各種可能性及想法回饋列入考量，故設計階段能縮短各考慮因素之時程，進而縮短實際設計時間。

#### (四) 提高工作效率

將現場需求及回饋反映於設計標準，就能提昇現場執行的工作效率。例如，於設計時即考慮到幫浦規格及種類，避免設計能量不足及提升運轉效能，如此能夠拉長維修周期，避免更換頻繁及降低採購發包次數。

#### (五) 提昇作業安全性

建立設計標準，即可事先依據現狀檢討各類設備功能是否足夠。例如，先行考慮洞道濕度太高是否損壞照明設備等問題，可提昇作業安全性。

## 二、標準化項目

可進行標準化設計之設施包括排水設備、通風換氣設備、照明設備、電源設備、火災偵測設備及避難指引設備等。透過標準化規範以公式、查表、查圖及簡易計算方式可完成詳細設計。但監控設備之設計則難以標準化，原因係監控設備實際設計時，採用何種設備及控制機能，將使設計結果產生大幅變化，設備費用亦呈現大幅變動。以日本 JPS 電纜廠為例，由電纜廠自行開發各類監控程式介面，整合各種類監控設備訊號，並依據電力公司規範滿足業主多方需求，現階段國內電纜廠家尚無此系統整合設計能力，故實為未來廠商應積極提升之領域。

## 三、台電公司可再建立或強化之規範

經檢討本公司之「地下輸電電纜線路附屬機電工程設置準則」，其中各類機電附屬設備包括排水設備、通風換氣設備、照明設備、電源設備、避難指引設備及監控設備等，均已列入準則。有關通訊設備部分，本次參訪洞道係採用 PHS 系統，惟日本多數洞道仍以插座式通話機之

有線通訊系統為大宗。經查關西電力公司並無相關洞道距離之設置規範，台電「附屬機電工程設置準則」則規定洞道長度 500 公尺以內不設通訊系統，超過 500 公尺應規畫無線通訊系統。考量本公司現階段洞道通訊設備人員使用率及通訊系統維護能力，現階段 500 公尺內洞道均以手持式無線對講機通訊已足敷使用，故本公司設置準則仍滿足實際需求。

至於火災偵測設備，考量洞道內均為難燃或不燃之材質，發生火災機率極低，且長距離洞道若發生火災，氧氣被快速消耗後燃燒條件即不存在，故洞道內是否有設置火災偵測設備之必要性，仍屬進一步討論之課題。

#### **四、設計階段之參與**

現階段輸工系統新建工程於點交供電系統時，常面臨維護單位要求須改善至特定標準或使用需求始同意接管。究其原因常因為輸變電工程各類規範部分內容不為供電單位所認同，儘管輸變電單位依據規範設計仍面臨點交供電單位時因認知不同產生疑義，需再行辦理改善工程供電單未方同意接管。

關西電力與 JPS 均建議，於設計階段即應將維護單位意見採納，該等共同合作事項可列為標準化設計程序之一，可減少竣工成果意見之分歧。如何於設計階段使維護單位共同參與，且不影響設計時程並提高效率，實為未來努力之方向。