

## 西口水力發電廠設計及88水災復舊

林 得 志

黎明工程顧問股份有限公司董事長、水利技師

### 摘 要

水力發電在當今全世界「減碳」的風潮中是很重要的一環。本文介紹曾文河流域水利能源的利用，包括：曾文電廠、烏山頭電廠、西口電廠及最近完工的八田電廠。其中西口發電廠併聯發電營運 2 年後，於 88 水災時因進水口堵塞，造成壓力隧道內襯鋼板捲起堵塞隧道，經修復後，目前順暢營運中。本文主要介紹西口電廠之設計內容、災變原因、修復工法，並提出此類型災變的建議對策。

### 一、前言

水力發電是清潔的能源，當今全世界主張「減碳」的風潮之中，水力發電能源的開發是很重要的一環。

曾文河流域水力能源的利用，最早是八十多年前烏山頭水庫興建完成，利用放水工的落差裝機50kw，做為水庫營建本身所需的能源，後來因機組老舊而廢除。

曾文水庫興建，配合取出水工放水的落差興建水力發電廠，裝機5萬kw，由台電代管營運，發電與台電系統並聯，發電尾水回歸曾文溪，在東口處設有攔河堰，取水入烏山嶺隧道，導水至烏山頭水庫上游之西口堰。西口堰設有喇叭口消能工放入水庫，此處有水頭可利用發電，西口發電廠裝機11,520kw，於2007年興建完成發電，併入台電輸電系統。

烏山頭水庫既有放水工，營運60年後，發現壓力鋼管老舊，鋼板鏽蝕、厚度不足，而於1989年新建放水工，1997年1月完工，在出口處匯入幹渠之前留有分歧管，做為開發水力電廠之用，於2001年興建電廠完成，裝機8,750kw，是為烏山頭電廠。舊有放水工閒置之餘，評估新放水口不出水時，或小量放水時，可利用舊放水工放水發電，裝機1,600kw是為八田發電廠，已興建完成，向台電申請併聯發電手續中。以上曾文河流域水力開發系統見圖1示意圖，平面位置見圖2。

西口發電廠興建完成，併聯發電營運2年後，於88水災發生災變，壓力隧道內襯鋼板捲起堵塞隧道，經修復後，目前順暢營運中，本文將原設計內容及災變原因，修復設計，敘述如下：

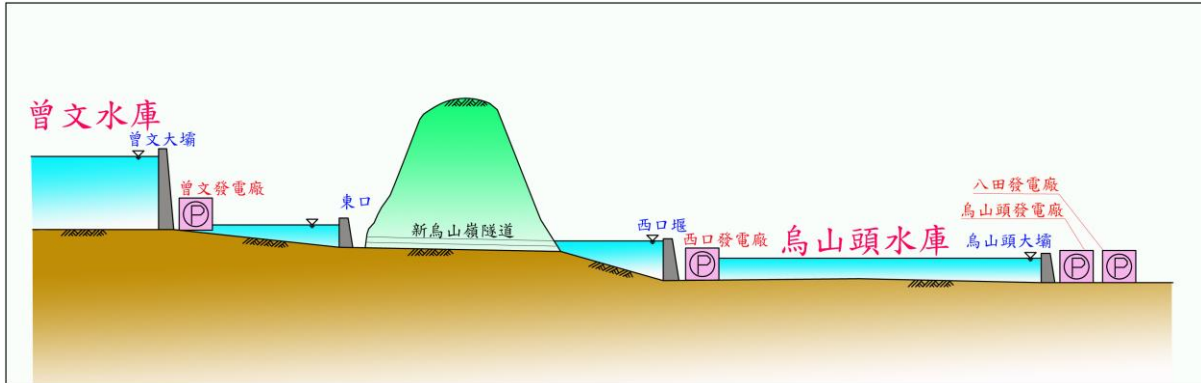


圖1 曾文溪曾文水庫→烏山頭水庫水力能源開發系統示意圖

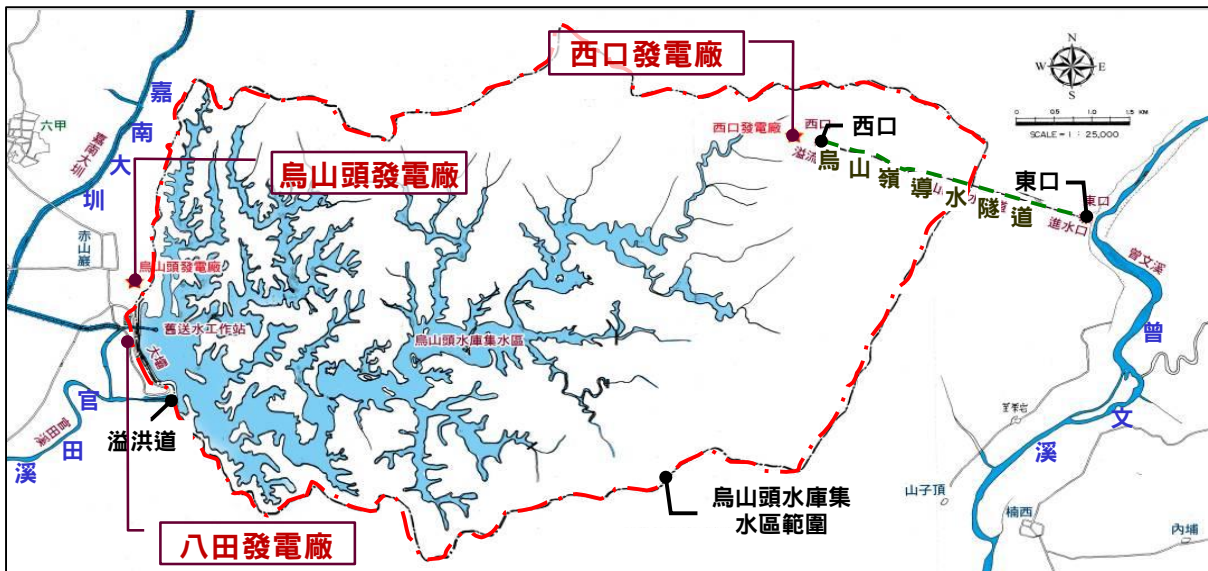


圖2 烏山頭集水區水力發電廠位置平面圖

## 二、工程概要

### (一) 地理位置

烏山頭水庫位於曾文溪支流官田溪上，流域範圍跨及台南縣官田、六甲、東山及大內等四鄉。興建於民國19年，為一離槽水庫，其主要水源來自曾文溪。自民國62年10月曾文水庫完工後，曾文溪集水區之水源受曾文水庫調蓄運用，大部份逕流經由曾文水力發電廠尾水道在東口導入烏山嶺隧道後於西口進入烏山頭水庫。

西口水力發電廠即利用在西口入庫前其水位高於水庫最高水位約24.5公尺之落差開發發電，電廠地理位置如圖3。

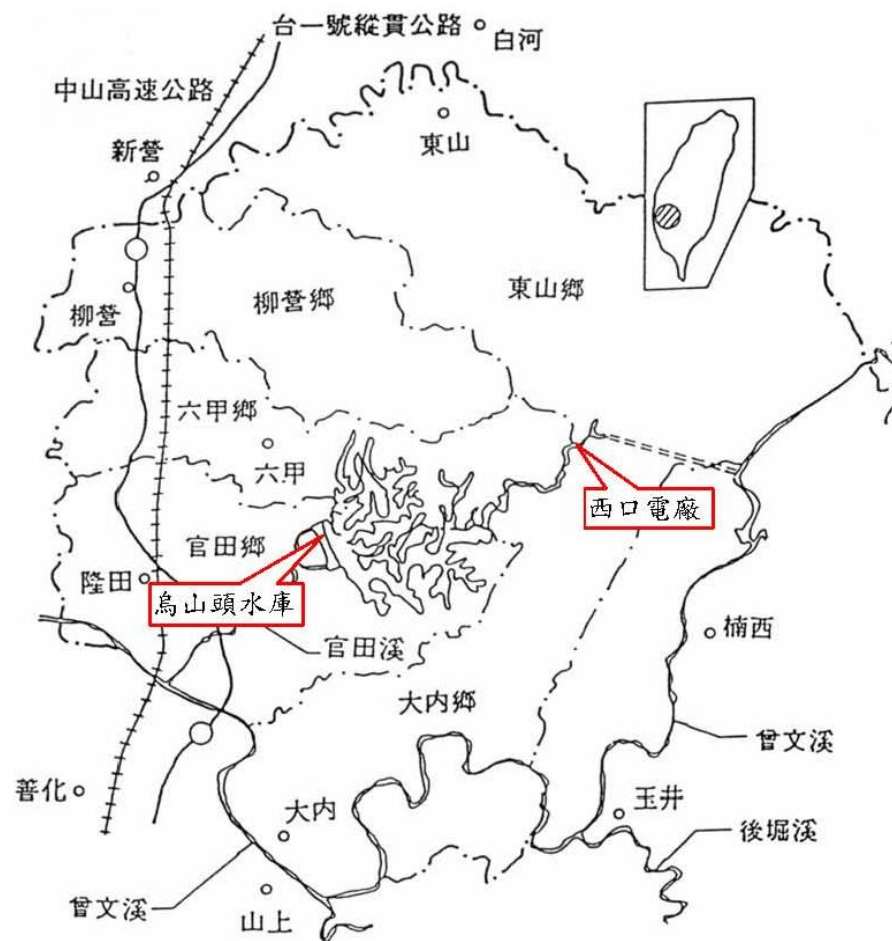


圖3 西口發電廠位置圖

## (二) 主要數據

西口水力發電廠係由嘉南農田水利會與台灣化纖股份有限公司合作成立嘉南實業股份有限公司投資興建營運，由黎明工程顧問股份有限公司設計。

西口水力發電廠於2007年3月完工商轉，其裝機容量為11,520千瓦，商業運轉後，其電量全部躉售給台灣電力公司，主要結構物包括進水口、送水隧道、壓力鋼管，廠房、尾水道、開關場、輸電線路等，工程平、縱斷面配置如圖4、5所示，工程概要說明如下：



西口水力電廠照片

1. 進水口

- (1)型式：斜依式，鋼筋混凝土結構物
- (2)尺寸：寬 21.8 公尺，高 8.8 公尺
- (3)閘門：固定輪閘門，寬 4 公尺，斜長 4.4 公尺
- (4)操作平台標高：88.0 公尺
- (5)進水檻標高：68.5 公尺

2. 進水口閘門機電

- (1)型式：固定型鋼索捲揚式
- (2)尺寸：26 噸提升力

3. 送水隧道

- (1)型式：鋼筋混凝土內襯鋼管
- (2)尺寸：長 220 公尺，內徑 4.4 公尺

4. 壓力鋼管

- (1)型式：長 20.5 公尺
- (2)內徑 4.4 公尺漸縮至 3.7 公尺

5. 廠房

- (1)型式：半地下式，斜頂鋼構建築物
- (2)尺寸：長 29 公尺，寬 22.55 公尺，高 20.61 公尺
- (3)水輪機：豎軸式法蘭西式水輪機一部
- (4)發電機：同步發電機一部 12,800 仟伏，額定電壓 6.6 仟伏

6. 尾水道

- (1)型式：雙孔箱涵，鋼筋混凝土結構物
- (2)尺寸：寬 4.6 公尺x2，高 2.7~4.0 公尺

(3)尾水位：55.0 公尺

7. 發電水頭及裝機容量

(1)上游常水位 EL.80.50m

(2)下游尾水位 EL.55.00m

(3)淨水頭  $H=24.50\text{m}$

(4)設計流量  $Q=52\text{ m}^3/\text{sec}$

(5)發電裝機容量 11,520kw

(6)年發電量約 4,500 萬度

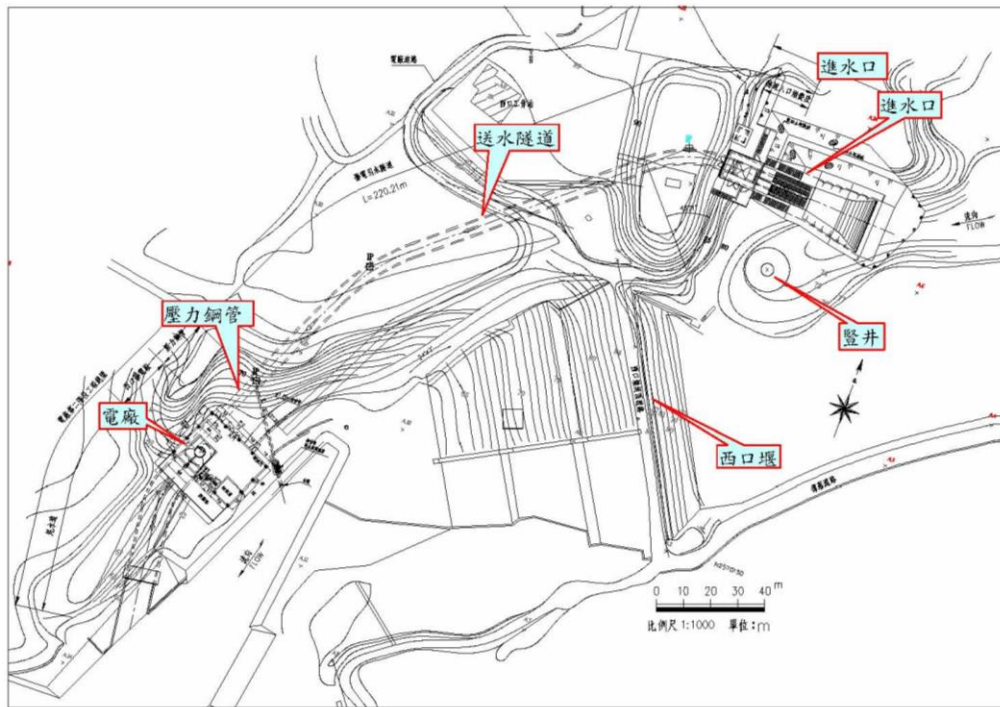


圖 4 西口電廠工程平面配置圖

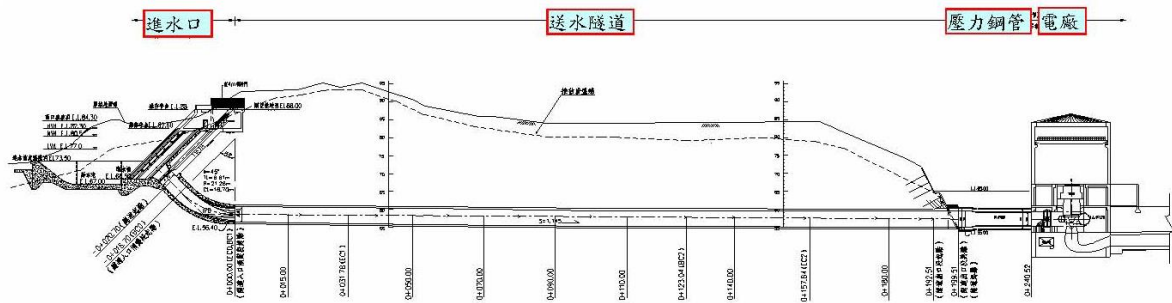


圖 5 西口電廠工程縱斷面圖

### 8. 開關設備

- (1) 型式：戶外式，六氟化硫氣封絕緣開關設備
- (2) 尺寸：長 17.5 公尺，寬 10.0 公尺
- (3) 額定電壓：69KV

### 9. 輸電線

- (1) 接引曾文—南化線
- (2) 長度：約 5.5 公里
- (3) 輸電桿：20 座

## 三、水利工程設計內容

### 1. 進水口(斷面圖見圖 6)

斜依式鋼筋混凝土結構，最上游設攔汙柵，4.0m×4.40m 矩形進口，設有油壓操作之閘門，閘門前端留有緊急插板槽，矩形進口箱涵漸變為圓形  $\phi$  4.40m，接隧道進水口

底檻 EL. 68.50m

頂檻 EL. 73.50m

常水位 EL. 80.50m，封口高 7.00m

洪水位 EL. 82.30m，封口高 8.80m

閘門後設有  $\phi$  0.30m 通氣管做為門後局部真空平壓之用

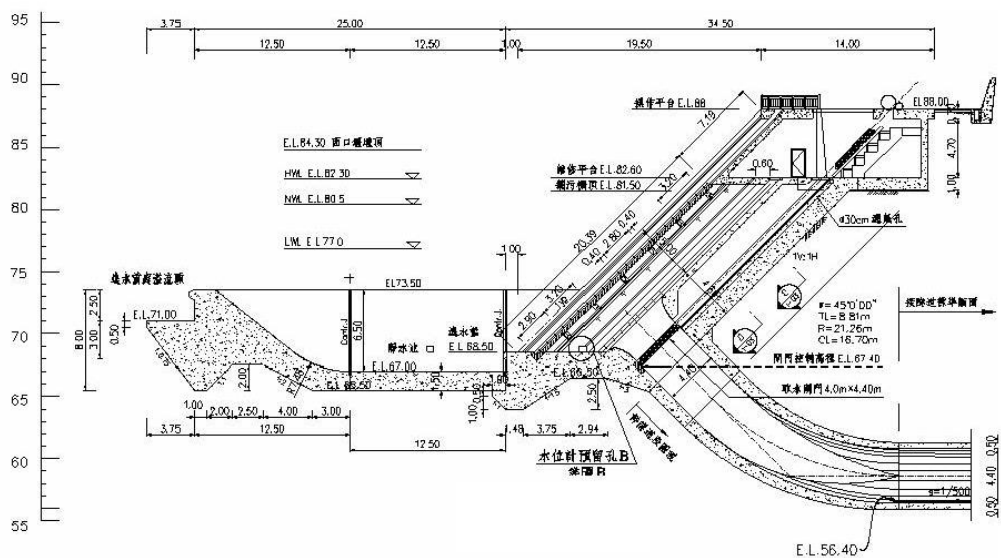


圖6 西口電廠進水口斷面圖



2. 隧道(斷面圖見圖 7)

長 199.51m

圓形內徑 4.40m

RC 襯砌加鋼管  $t=15\text{mm}$ ，每 2m 有加強環(50mm 高 $\times$ 15mm)一處

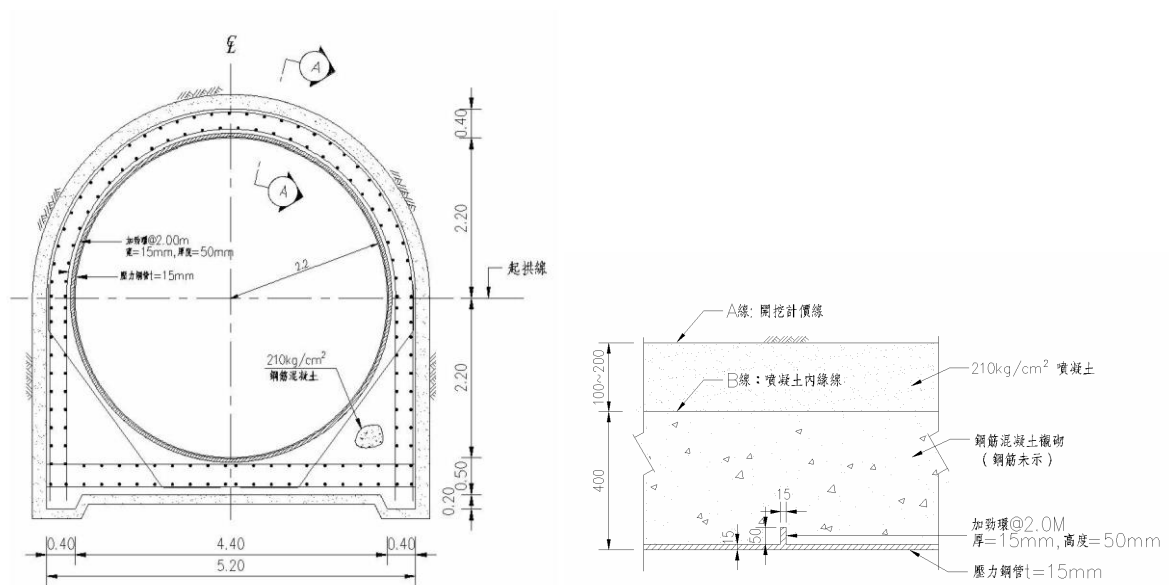


圖7 西口電廠送水隧道標準斷面圖

3. 壓力鋼管(斷面圖見圖 8)

隧道出口至發電廠之間之壓力鋼管連接長 20.50m， $\phi 3.70\text{m}\sim 4.4\text{m}$ ，以 RC 包覆，其上設有工作井及  $\phi 1.00\text{m}$  排水閘。

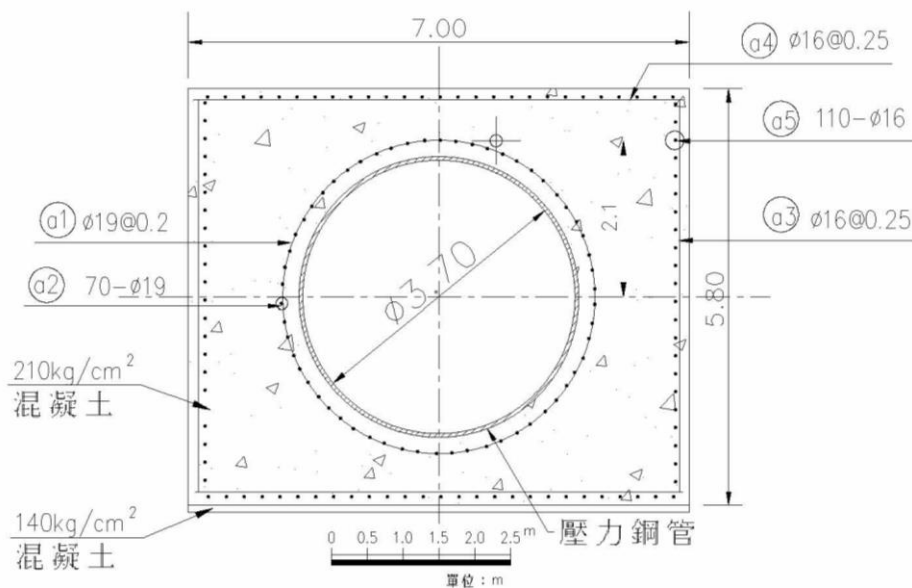


圖8 壓力鋼管標準斷面圖

#### 4. 廠房

半地下式廠房 22.55m × 22.00m(立面圖見圖 9)

地上高 20.61m，地下高 19.6m

壓力鋼管進入廠房處裝有  $\phi 3.7\text{m}$  蝶閥 1 座。

裝設水輪機為豎軸式法蘭西式一部

同步發電機一部(平面圖及縱斷面圖見圖 10)

#### 5. 尾水道

尾水道箱涵長 17.50m

閘門段長 5.10m

明渠長 5.75m

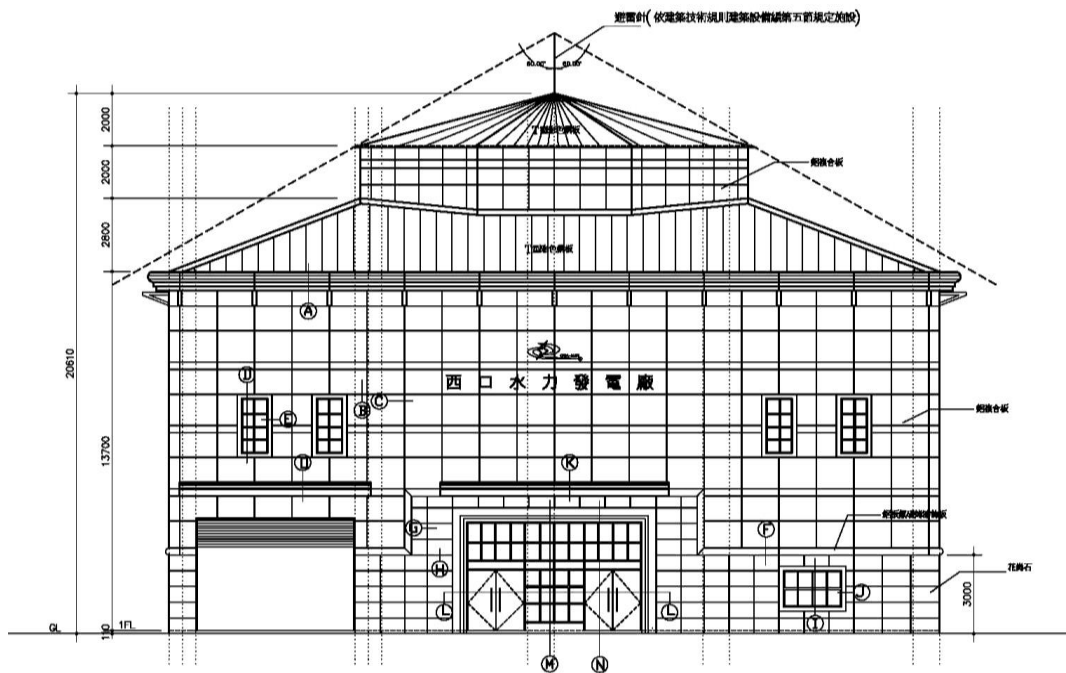


圖9 廠房立面圖



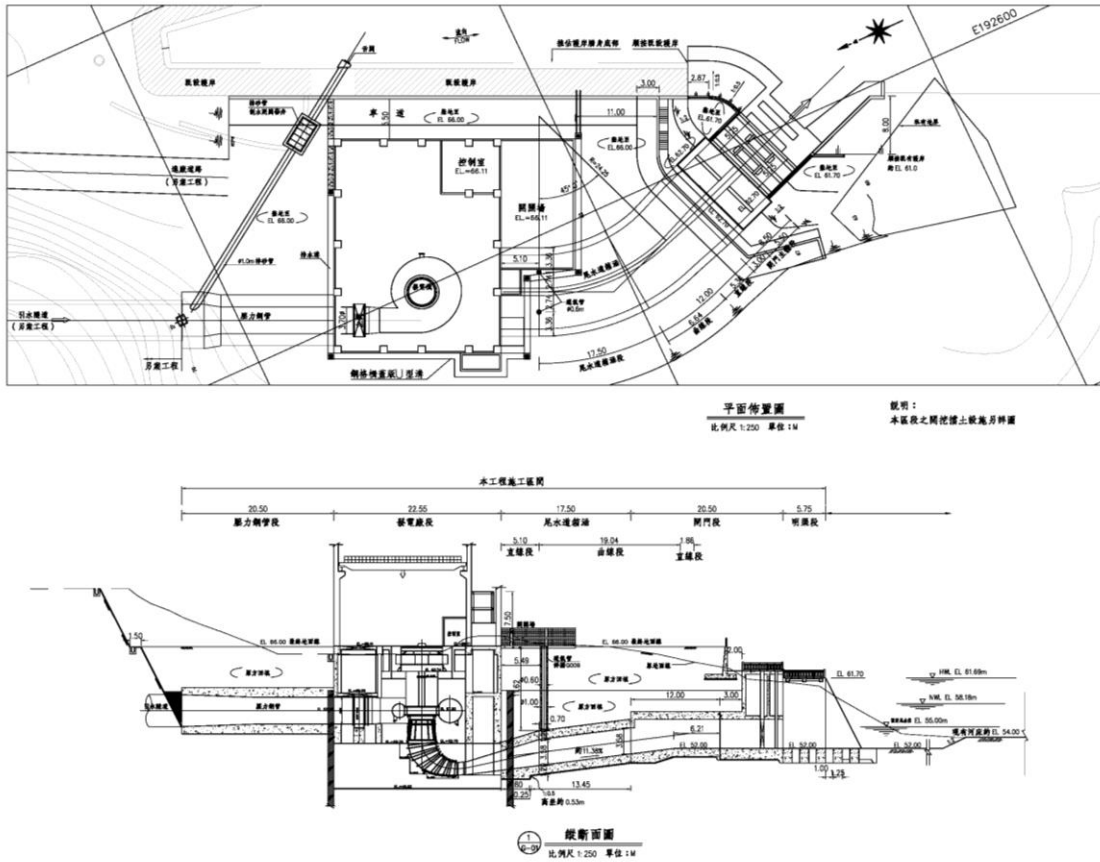


圖10 廠房及尾水道平面及縱斷面圖

6. 既有喇叭口豎井溢洪道加高，位置見圖 11，既有豎井喇叭口溢洪頂 EL. 76. 57m，為提高發電水頭加高為 EL. 80. 50m，豎井直徑 4. 70m 保留，打除喇叭口溢流堰，興建喇叭口溢流堰，直徑 21. 20m，以 $\phi$ 0. 80m 全套管基樁支撐，見圖 12。

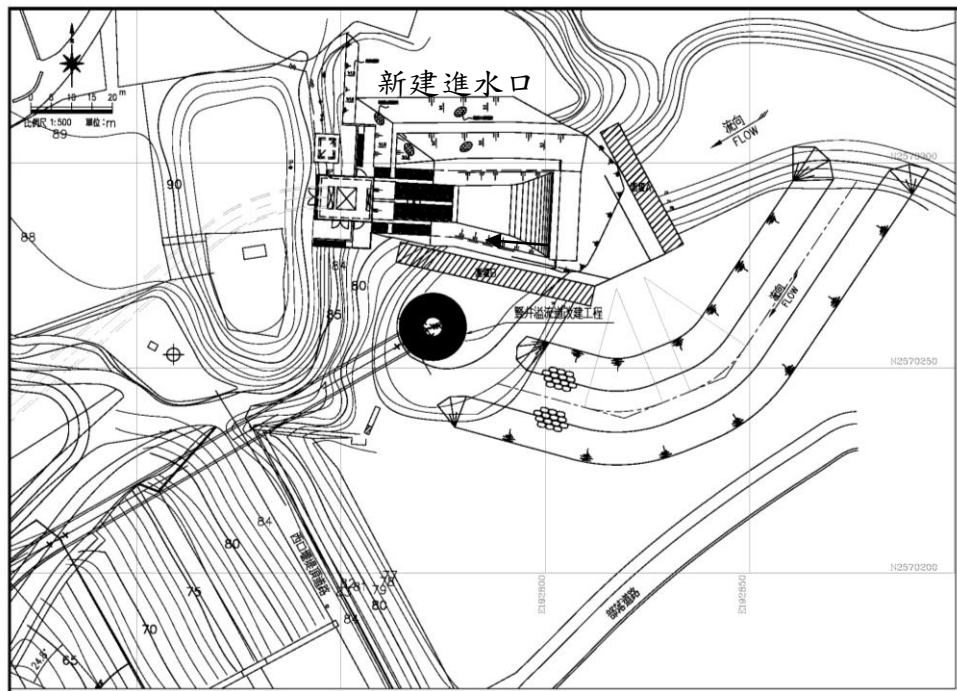


圖11 豎坑溢流道改建工程位置圖

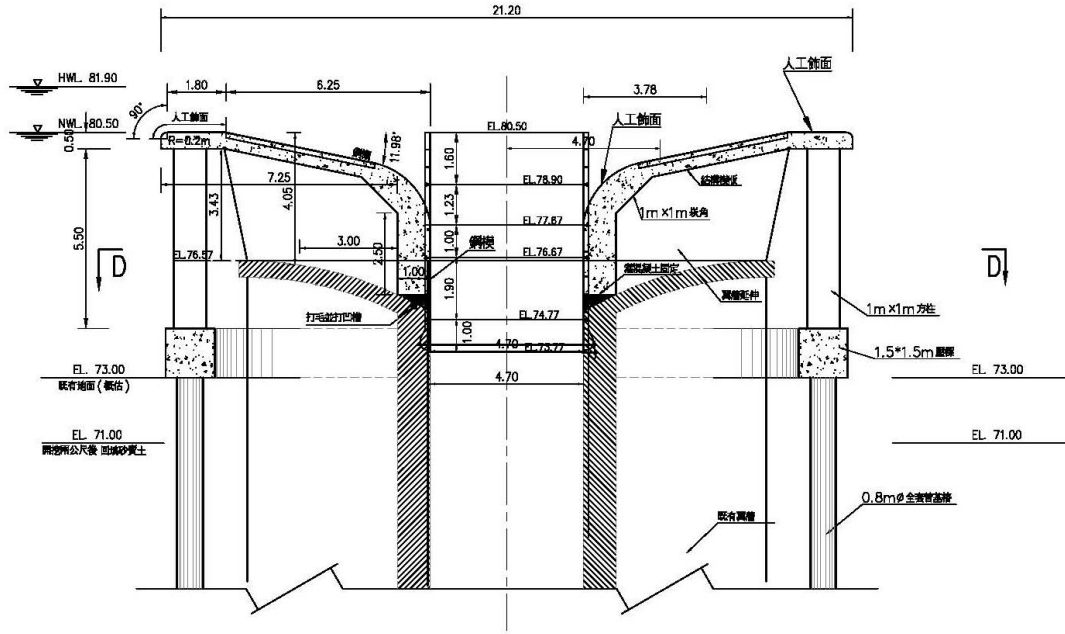


圖12-1 豎井平面及剖面圖

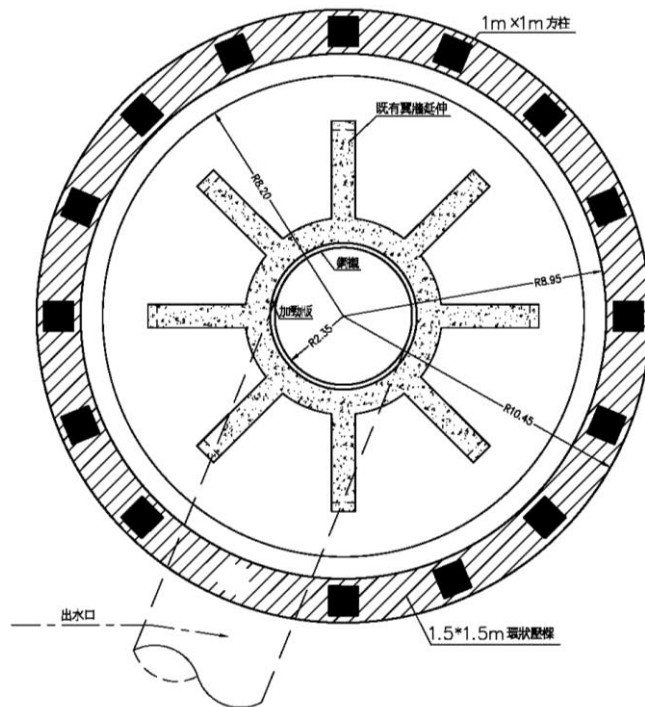


圖12-2 豎井平面及剖面圖

#### 四、 88水災災變

##### 1. 災害現象

西口電廠於 2007 年 3 月完工商轉，正常營運 2 年多，於 2009 年 88 水災造成壓力隧道堵塞，通水量由 52 CMS 遽減至 10 CMS，停機進入隧道內檢查，發現隧道內襯鋼管嚴重變形。襯砌混凝土除遭連結鋼筋及加強環剝離造成之孔洞外皆相當

良好，而內襯鋼管於接近渦殼處即遭撕裂，並往上游延伸約 150m，見圖 13，鋼襯剝離、扭曲，致隧道阻塞。

## 2. 災害原因

88 水災特大豪雨，將西口上游集水區之土砂、樹枝、竹條沖流至進水口，將進水口堵塞，而水輪機繼續運作，致壓力隧道被抽至真空，產生強大負壓力，破壞了鋼襯。

本系統啓動發電機與關機，都應操作蝶閥啓閉，進水口的閘門應常開狀態，除非緊急及隧道維修才需要關閉。蝶閥啓閉有遙控裝置，在烏山頭電廠以遙控操作，廠房內無人員駐守，所以進水口被堵塞，操作人員並不知情。

蝶閥關閉會產生水錘壓力，在較長的壓力隧道，水流進入水輪機前通常要設平壓塔，攔截因水錘所產生的壓力波，藉以削減頭水隧道內的水錘壓力，並足夠供應水輪機起動所需水量，但本系統是短壓力隧道，不需要平壓塔，只要蝶閥緩慢關閉即可，本次隧道上游進水口阻塞，造成真空與有無平壓塔無關。



圖 13 西口電廠送水隧道損壞情形及延伸範圍圖

## 3. 復舊工法

(1) 鋼襯復舊

(2) 在上游端開設通氣管  $\phi 1.20\text{m}$ 、高 27m，見圖 14

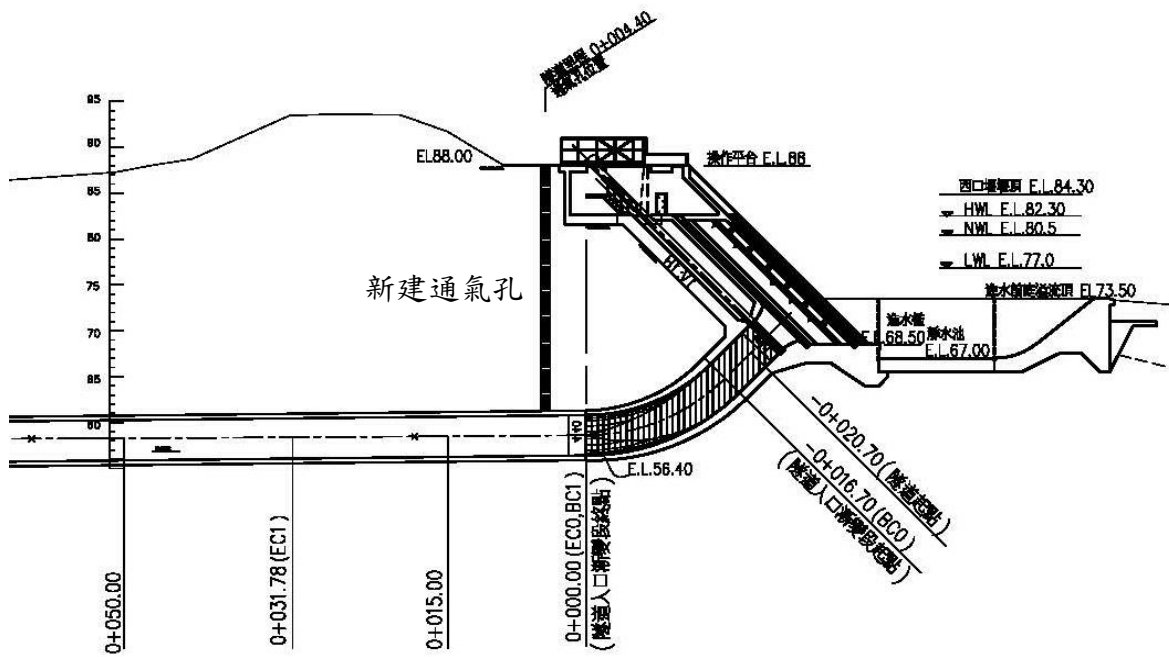


圖14 新建通氣孔位置圖

## 五、 結語

以上改善後，目前順利營運中，為防災害重演，宜有下列措施：

1. 在進水口上游水域設攔汙索或攔汙基樁，防止進水口阻塞。
2. 加強上游集水區水土保持，鬆動邊坡予以保固。
3. 蝶閥遙控操作應有監測進水口，進水流量及 TV 監視進水口是否有雜物淤塞，以便及時關閉蝶閥。
4. 應經常清除進水口攔汙柵上的雜物。

投稿 105.05.10  
校稿 105.05.23  
定稿 104.05.24