

鳥嘴潭淨水場小水力發電 可行性評估計畫書

社團法人臺灣環境公義協會

中華民國 110 年 6 月

目 錄

第 1 章	服務項目及計畫範圍.....	1-1
1.1	計畫緣起.....	1-1
1.2	工作項目.....	1-1
1.3	計畫範圍.....	1-2
第 2 章	計畫背景概述.....	2-1
2.1	水源水文.....	2-1
2.2	水質分析.....	2-3
2.3	供水點水文.....	2-4
2.3.1	鳥嘴潭人工湖湖區規劃.....	2-4
2.3.2	鳥嘴潭人工湖供水原則.....	2-5
2.4	相關管線及流量分析.....	2-7
2.4.1	原水導水管配置	2-7
2.4.2	管線流量統計與分析.....	2-8
2.5	相關設施及構造物.....	2-13
2.5.1	相關設施	2-13
2.5.2	相關構造物	2-14
2.6	鄰近饋線調查.....	2-15
第 3 章	鳥嘴潭淨水場小水力可行性分析.....	3-1
3.1	管線配置及發電設施規劃.....	3-1
3.2	水輪機選擇.....	3-3
3.3	發電機.....	3-5
3.4	控制器.....	3-6
第 4 章	鳥嘴潭淨水場小水力可行性財務分析.....	4-1
4.1	發電容量規模計算.....	4-1
4.2	設置成本估算及其他費用預估.....	4-3
4.3	經濟效益分析.....	4-4
第 5 章	相關法規彙整.....	5-1

5.1	台灣小水力相關法規盤點.....	5-1
5.2	台灣小水力開發主要申請程序.....	5-4
5.3	台灣小水力開發案件辦理方向與優劣分析.....	5-9
第 6 章	結論與建議.....	6-1
6.1	烏嘴潭淨水場小水力發電可行性結論.....	6-1
6.2	烏嘴潭淨水場相關管線工程配合修正建議事項.....	6-2
6.3	會議記錄及綜合意見回覆表.....	6-2
6.4	審查意見(第 2 次修正版)及回覆.....	6-5

表 目 錄

表 2-1、烏溪橋水文站歷年流量統計	2-2
表 2-2、烏溪 109 年水質調查表	2-3
表 2-3、基本設計階段烏嘴潭人工湖各湖區配置數據	2-5
表 2-4、烏嘴潭人工湖各水位管線水頭損失分析表	2-9
表 3-1、發電機對照表	3-6
表 4-1、發電容量規模計算表_法蘭西斯式水輪機	4-1
表 4-2、發電容量規模計算表_橫流式水輪機	4-1
表 4-3、可能發電量計算表_法蘭西斯式水輪機	4-2
表 4-4、可能發電量計算表_橫流式水輪機	4-3
表 4-5、烏嘴潭淨水場小水力電廠建造成本估計表	4-4
表 4-6、110 年度再生能源發電設備電能躉購費率表	4-4
表 4-7、烏嘴潭淨水場小水力發電計畫經濟評估表_躉售價格	4-5
表 4-8、烏嘴潭淨水場小水力發電計畫經濟評估表_轉供售電+綠電憑證	4-6
表 4-9、財務分析情境表	4-6
表 4-10、經濟效益分析比較表	4-7
表 4-11、經濟效益情境一	4-8
表 4-12、經濟效益情境二	4-10
表 4-13、經濟效益情境三	4-12
表 4-14、經濟效益情境四	4-14
表 5-1、小水力各階段涉及法規對照	5-2
表 5-2、小水力放寬法規修法內容彙整	5-4
表 5-3、申請再生能源設備認定應備文件(第二型).....	5-6
表 5-4、烏嘴潭小水力供電時程甘特圖	5-7

表 5-5、小水力政府興辦案件主要類型	5-10
表 6-1、綜合意見回覆表	6-2
表 6-2、審查意見回覆表	6-5

圖 目 錄

圖 1-1、烏嘴潭淨水場位置圖	1-2
圖 2-1、烏溪流域水系圖	2-1
圖 2-2、烏溪(烏溪橋以上河段)流量站及水質監測站示意圖.....	2-2
圖 2-3、烏溪橋水文站歷年流量折線圖	2-3
圖 2-4、烏嘴潭人工湖操作系統佈設示意圖	2-6
圖 2-5、烏嘴潭人工湖至烏嘴潭淨水場管線配置圖	2-7
圖 2-6、落差關係縱斷面圖	2-8
圖 2-7、烏嘴潭淨水場原水導水管推估月平均流量排序圖	2-11
圖 2-8、烏嘴潭淨水場原水導水管月平均流量超越機率曲線	2-12
圖 2-9、烏嘴潭人工湖至烏嘴潭淨水場落差關係示意圖	2-12
圖 2-10、烏嘴潭淨水場平面配置圖	2-13
圖 2-11、烏嘴潭淨水場淨水流程單元圖	2-14
圖 2-12、烏嘴潭淨水場穩壓塔平面圖	2-14
圖 2-13、烏嘴潭淨水場穩壓塔剖面圖	2-15
圖 2-14、烏嘴潭淨水場鄰近饋線容量圖	2-15
圖 3-1、烏嘴潭淨水場原水進水管修正建議	3-1
圖 3-2、烏嘴潭淨水場小水力發電平面配置圖	3-2
圖 3-3、水輪機選取圖(1).....	3-3
圖 3-4、水輪機選取圖(2).....	3-3
圖 3-5、水輪機效能曲線圖	3-4
圖 3-6、法蘭西斯式水輪機示意圖	3-5

圖 3-7、橫流式水輪機示意圖	3-5
圖 3-8、水輪機與發電機控制單元與圖控系統示意圖	3-7
圖 3-9、雙向控制圖控系統示意圖	3-8
圖 3-10、併網變壓分類圖	3-8
圖 3-11、變壓器示意圖	3-9
圖 3-12、併網變壓單元示意	3-9
圖 5-1、再生能源認定與再生能源設備申請流程	5-5
圖 6-1、 修正後進水管圖面.....	6-7
圖 6-2、 管線最新路徑及小水力電廠建議設置區域.....	6-7

第1章 服務項目及計畫範圍

1.1 計畫緣起

為解決彰化及南投地區目前地下水涵養不足並提供質優量穩之水源，經濟部水利署辦理「鳥嘴潭人工湖工程」，利用人工湖調蓄供水，並由台灣自來水公司(以下簡稱台水公司)配合辦理「鳥嘴潭人工湖下游自來水供水工程」，規劃新建「鳥嘴潭淨水場」與「草屯淨水場」及其下游各分項送水設備，以達到地下水減抽之政策目標，並滿足彰化地區及南投草屯中長程目標年之公共用水需求。

台灣蘊藏有豐富水力資源，水力發電技術成熟且發電成本在經濟能源中相對較低，是極佳的電力供應來源；但近年來因環境保護意識抬頭，中型以上水庫水利設施需經過可行性規劃、環境影響評估等詳細規劃工作；再加上鄰避效應及環保人士長期抗議等外在因素，影響水庫整體興建期程，因此台灣目前幾乎已無合適場址建置中大型水庫。小水力發電可突破上述諸多困境。小水力發電可依裝置容量分為微型水力(簡稱微水力)、迷你型水力及小型水力(簡稱小水力)，三者都是利用既有水利設施直接加設發電設備，如發電機、水輪機及馬達等，相較傳統大型水力發電設施，微水力、迷你型水力、小水力除了是清淨的可再生能源外，工程簡易、工期相對較短，能節省大量土木工程費用，對環境的破壞影響程度較小，也有助於滿足偏遠地區的用電需求。

近年各國政府均大力推動提高再生能源比例，我國政府也積極推動能源轉型，希望在 114 年將再生能源發電占比提升至 20%，以期逐步降低燃煤機組的發電占比，改善空氣污染惡化問題。本案為配合政府推動能源政策，將針對所新建之鳥嘴潭淨水場，在兼顧鳥嘴潭人工湖水源運用與發電效益之前提下，評估興建小水力發電的可行性及進行基本規劃工作。

1.2 工作項目

工作內容如下：

- 1 資本資料蒐集與調查：包括取水點水文資料蒐集、管線高程資料取得、相

關構造物調查、管線配置圖及縱斷面圖、管路流量統計與分析、水質調查、相關設施平面圖、鄰近饋線容量與併聯位置調查、工程負責單位意見及未來接管單位意見調查、其他可行性評估所需資料蒐集等。

2 小水力發電設備設置規劃：包括發電位置及配置規劃、發電管路配置規劃、發電容量規模計算、操作模式、設置成本估算及其他費用預估、經濟效益分析等。

3 鳥嘴潭相關管線工程配合修正或預埋等建議事項。

4 現有相關法規彙整與本案推動小水力發電須配合法令辦理事項。

1.3 計畫範圍

本計畫工作範圍包含鳥嘴潭淨水場工程設施範圍，鳥嘴潭淨水場位置如圖 1-1 所示。

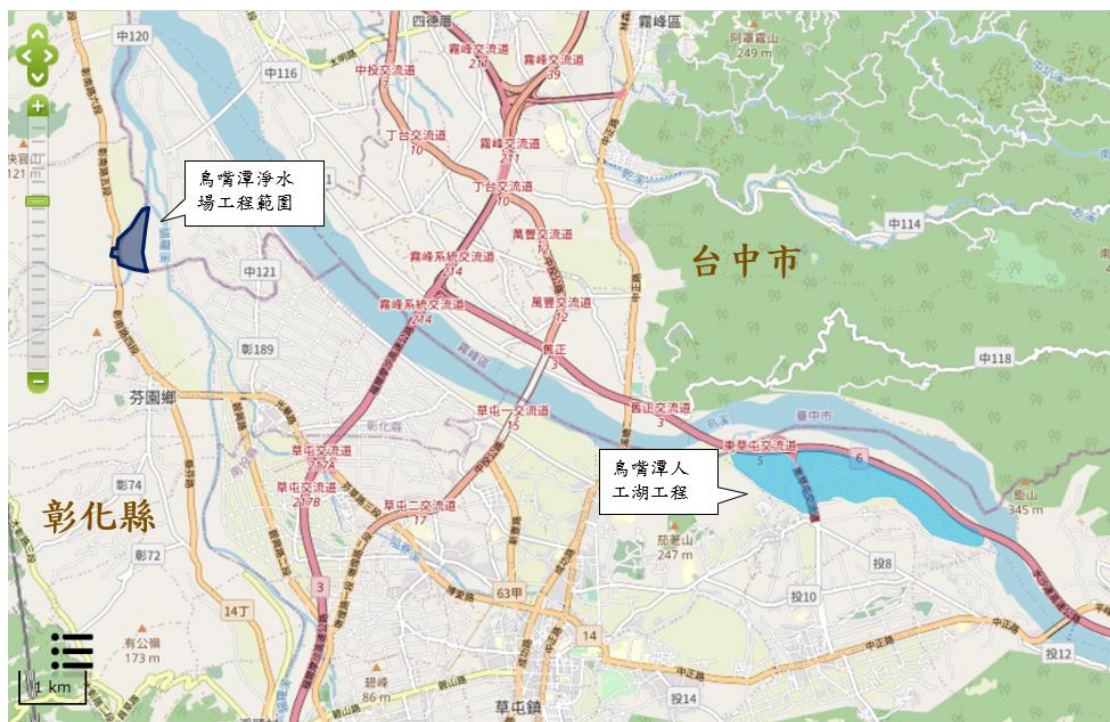


圖 1-1、鳥嘴潭淨水場位置圖

第2章 計畫背景概述

2.1 水源水文

1 水系

烏溪發源於中央山脈合歡山西麓(EL.2,596m)，東以中央山脈為界，北鄰大甲溪流域，南毗濁水溪流域，西至臺中市龍井區麗水里與彰化縣伸港鄉之間注入台灣海峽，幹流長 119.1km，平均坡度約 1/100，流域面積約 2,025.6km²，其下游又名大肚溪。烏溪流域之主要水系如圖 2-1，包含烏溪主流及北港溪、南港溪、大里溪、早溪、貓羅溪、筏子溪等主要支流；烏嘴潭人工湖位在烏溪主流中游左岸。

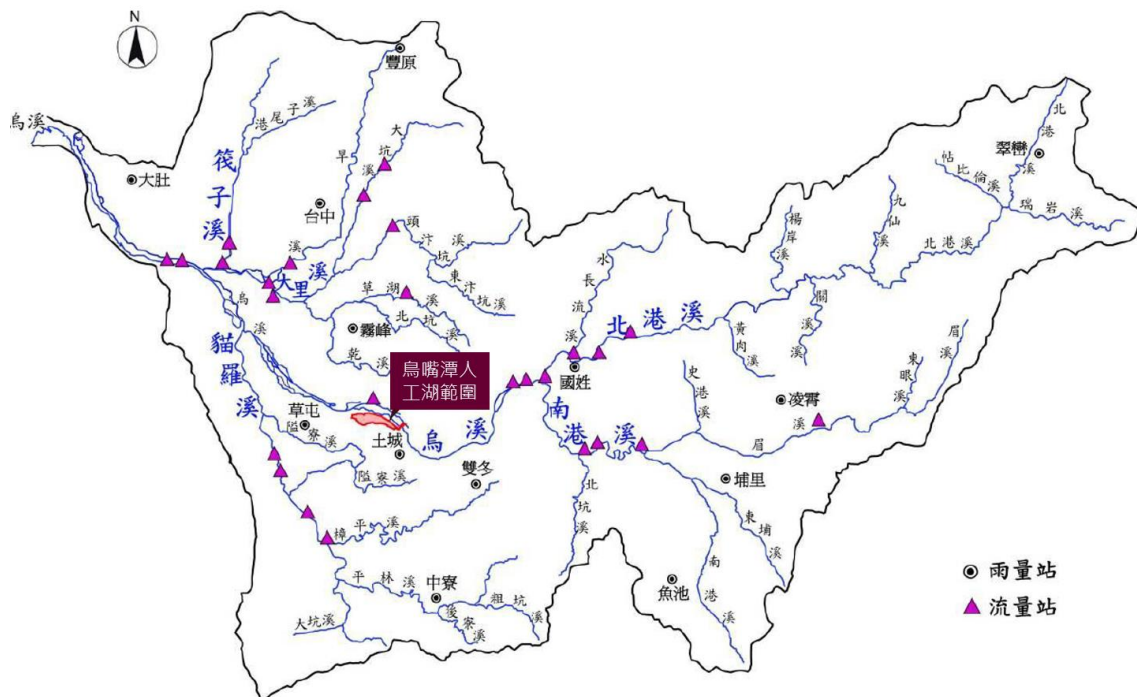
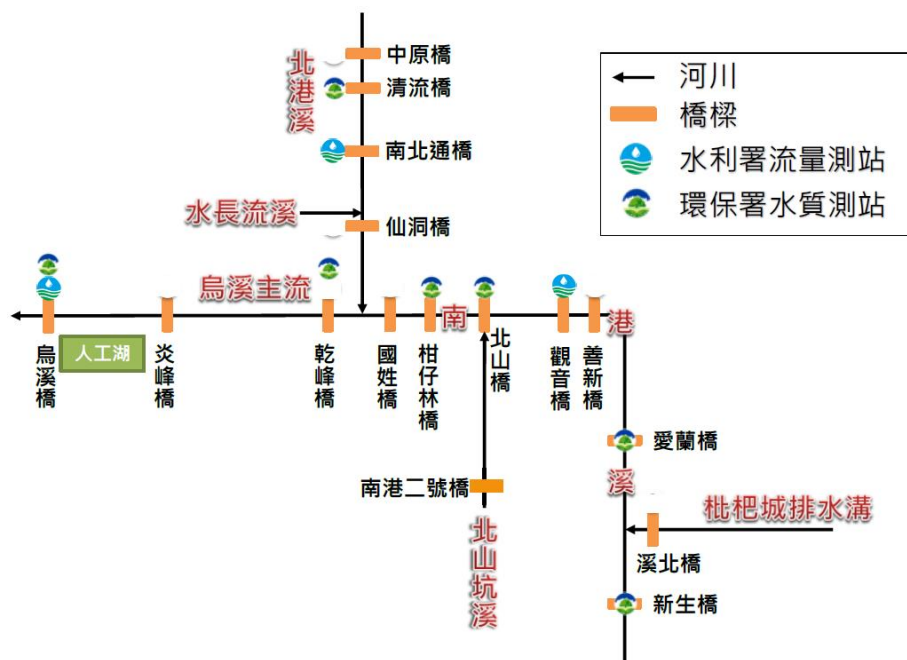


圖 2-1、烏溪流域水系圖

2 流量資料

計畫基地下游有烏溪橋水文站，上游有乾峰橋水文站，如圖 2-2 所示。經統計烏溪橋水文站歷年資料如表 2-1，做成折線圖表示如圖 2-3 所示。



資料來源：經濟部水利署，烏溪烏嘴潭人工湖工程計畫

圖 2-2、烏溪(烏溪橋以上河段)流量站及水質監測站示意圖

表 2-1、烏溪橋水文站歷年流量統計

月份	歷年月平均	最大月平均	出現年	最小月平均	出現年
1 月	36.05	806.5	2005	4.13	1981
2 月	38.3	796.86	2005	0.56	2011
3 月	24.62	117.63	2016	2.21	2002
4 月	36.86	198.22	1990	1.59	2011
5 月	70.83	201.46	2012	6.89	2002
6 月	175.18	1,127.22	2005	10.61	2009
7 月	87.54	223.64	1981	11.35	1980
8 月	112.24	338.47	1994	5.93	2006
9 月	82.75	259.81	2005	15.13	2006
10 月	38.13	186.43	2007	10.4	1993
11 月	23.87	121.15	2007	7.97	1983
12 月	21.46	114.79	2007	7.43	1983
平均流量	最大年平均	最小年平均	最大瞬時流量	最大日平均	最小日平均
56.09	113.71	19.76	13,045.8	2,737.05	0
(日期年分)	2007	1980	2005/9/1	2005/7/19	2004/1/21

資料來源：經濟部水利署，民國 108 年臺灣水文年報

註：烏溪橋站統計年期：民國 69~108 年(民國 89~90 年無紀錄)，共 38 年。

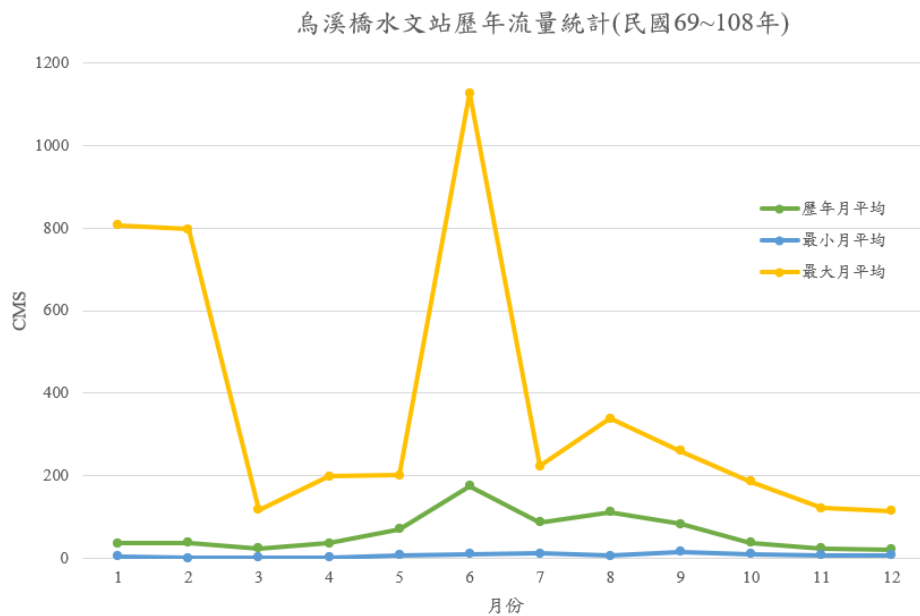


圖 2-3、烏溪橋水文站歷年流量折線圖

2.2 水質分析

根據圖 2-2 烏溪流量站及水質監測站示意圖，距離烏嘴潭人工湖最接近之水質監測站為烏溪橋測站，烏溪 109 年之水質調查如表 2-2 所示。

表 2-2、烏溪 109 年水質調查表

河流	測站名稱	地址						測站編號	水體分類	經度	緯度
烏溪	烏溪橋	台中市霧峰區3號公路						1118	乙	120.6956	24.0089
採樣日期	河川污染指數	酸鹼值	導電度	溶氧(電極法)	溶氧飽和度	生化需氧量	化學需氧量	懸浮固體	大腸桿菌群	氨氮	總磷
			μmho/cm25°C	mg/L	%	mg/L	mg/L	mg/L	CFU/100 mL	mg/L	mg/L
2020/11/4	1.5	8.53	321	8.9	107.1	1.5	4.8	27.7	900	0.07	--
2020/10/14	1	8.58	323	8.2	106.9	1.5	4.3	13.8	600	0.05	0.105
2020/9/3	1.5	8.59	277	7.9	105	2.2	9.6	27.3	25,000	0.08	--
2020/8/5	2.3	8.18	292	8.4	108.6	1.3	4	86.1	25,000	0.05	--
2020/7/6	1.5	8.18	312	8	103.8	<1.0	4	23.6	4,700	0.08	0.125
2020/6/4	2.3	8.34	332	8.5	108.8	2	6.1	98.6	4,800	0.08	--

河流	測站名稱	地址						測站編號	水體分類	經度	緯度
烏溪	烏溪橋	台中市霧峰區3號公路						1118	乙	120.6956	24.0089
採樣日期	河川污染指數	酸鹼值	導電度	溶氧(電極法)	溶氧飽和度	生化需氧量	化學需氧量	懸浮固體	大腸桿菌群	氨氮	總磷
			μmho/cm25°C	mg/L	%	mg/L	mg/L	mg/L	CFU/100mL	mg/L	mg/L
2020/5/7	1	8.4	457	8.6	120.4	<1.0	<4.0	11.1	2,300	0.12	--
2020/4/8	1.5	8.52	372	9.1	109.6	1.3	5.9	21.6	1,900	0.05	0.074
2020/3/4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2020/2/5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2020/1/6	3.3	8.36	364	8.9	102.8	1.4	4	611	9,000	0.08	0.237

資料來源：環保署全國環境水質監測資訊網

2.3 供水點水文

2.3.1 烏嘴潭人工湖湖區規劃

烏嘴潭人工湖位於台中市霧峰區與南投縣草屯鎮之間，因應區域發展需求，開發烏溪水資源，以改善彰化地區超抽地下水而造成地層下陷問題。烏嘴潭人工湖工程由烏嘴潭攔河堰引水，經引水隧道將引水引至分水工，再由輸水路採單湖區導引蓄滿各湖區，由導水路及原水導水管送往烏嘴潭淨水場及草屯淨水場。因應地形高低差異，湖區採階梯式湖群規劃，分期開挖 A~F 湖區，兩湖區為一個系統，並逐步完成分水工、輸水路及導水路設施等各項工程。烏嘴潭人工湖取水原則為蓄豐濟枯，將豐水期河川流量保留下游生態基流量及水權人權益流量後，引水供應各淨水場並蓄存於人工湖，於枯水期時，不引用河川流量，而由蓄存於湖區水源供應淨水場引水，預計每日可提供草屯地區 4 萬噸、彰化地區 21 萬噸之用水，以地面水取代地下水，減緩地層下陷，穩定區域水源，基本設計階段湖區配置經檢討後內容，詳表 2-3 所示。

表 2-3、基本設計階段鳥嘴潭人工湖各湖區配置數據

湖區編號	湖區堤頂高程(m)	湖區蓄水高程(m)	湖區呆水位高程(m)	湖區湖底高程(m)	湖區滿水面積(ha)	湖區有效蓄水深(m)	湖區有效蓄水量(萬 m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)		(2)-(3)	
A	141	139	124	123	7.56	15	79.92
B	138	136	118	117	17.75	18	245.9
C	132	130	113	112	24.14	17	340.06
D	123	121	106	105	29.97	15	389.87
E	123	121	104	103	22.45	17	318.48
F	114	112	99	98	7.59	13	76.16

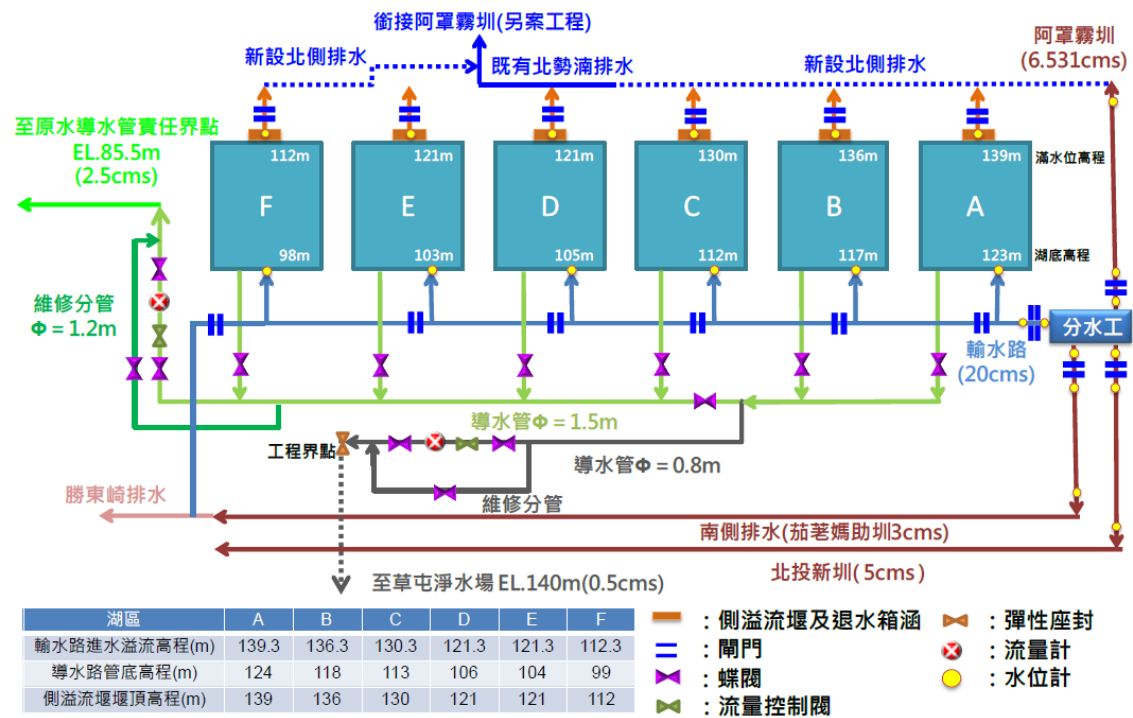
資料來源：經濟部水利署，烏溪鳥嘴潭人工湖工程計畫

導水路及原水導水管均為滿管壓力流流況，採閘門控制，提供草屯淨水場 0.5cms、鳥嘴潭淨水場 2.5cms 之設計流量，管徑採 800mm、1,200mm 及 1,500mm 之 SP 鋼管。

2.3.2 鳥嘴潭人工湖供水原則

鳥嘴潭人工湖規劃自攔河堰引水進入沉砂湖區沉砂後，經引水路送水至分水工，再由輸水路送水至各湖區蓄水。供水部分，各湖區皆設置導水管，可直接銜接下游原水導水管，單獨操作供水至淨水場，避免因災害發生或清淤維護時，湖區功能受阻無法供水；各湖區另設置側溢流堰作為防洪使用，可排放有效蓄水位以上餘水，避免溢堤；各湖區設置退水箱涵作為緊急洩降蓄水位使用，避免圍堤潰決致災。

人工湖規劃屬多座人工湖操作，考量其進、出、及連通水路功能需求，操作原則以整體系統簡便操作維護及降低必要工程量體為優先考量，分水工銜接上游攔河堰引水設施後分為四支分流工，分別為北投新圳(5cms)、下游茄荖媽助圳(3cms)、阿罩霧圳(6.531cms)及湖區輸水路(20cms)，主要操作設施輸水路連接到各湖區、各湖區設置導水管以並聯方式連接到原水導水管、A~F 湖區設有退水箱涵及側溢流堰銜接至退水路(北側排水)，配置相關水工機械及電氣設備，全湖區操作示意圖詳圖 2-4 所示。



註：北側排水兼具安全排水及協助水利會阿罩霧圳引水之功能

資料來源：經濟部水利署，烏溪鳥嘴潭人工湖工程計畫

圖 2-4、鳥嘴潭人工湖操作系統佈設示意圖

配合下游用水需求，人工湖每日需提供草屯淨水場 0.5cms、鳥嘴潭淨水場 2.5cms，以整體系統簡便操作為原則，各湖區均設置導水管可獨立操作供水至鳥嘴潭淨水場，由 C~D 湖區、E~F 湖區提供鳥嘴潭淨水場，必要時 A~B 湖區仍可供水至鳥嘴潭淨水場。

- 1 常時供水(滿庫後供水)
- 2 供水情境設定於初始蓄水完成(滿水位)後，以導水路控制，常時供水依各湖區庫容量，以滿足每日供水量為原則，保留水源調配之彈性，採單湖操作供水，避免多湖區同時供水。
- 3 庫容供水(攔河堰不引水)
- 4 當攔河堰無法引水時，以庫容供水，由水位高之湖區優先供水，或以庫容量較大之湖區供水。

2.4 相關管線及流量分析

2.4.1 原水導水管配置

鳥嘴潭人工湖於 A~F 湖區佈設管徑 $\phi 1,500\text{mm}$ 之 SP 鋼管連接下游原水導水管至鳥嘴潭淨水場，輸送 2.5cms 水源，各湖皆可獨立操作，以調節湖區清淤維護時之供水操作。導水路主幹管於 C 湖區南側設置 $\phi 800\text{mm}$ 分支管，作為 A、B 湖區提供草屯淨水場 0.5cms 流路，分支管終點於 E 湖區南側與自來水公司管路銜接，然 A、B 湖區必要仍時可提供鳥嘴潭淨水場 2.5cms 水源。連接至鳥嘴潭淨水場之管線配置圖如圖 2-5 所示。

自鳥嘴潭人工湖 F 湖區起之原水導水管以重力方式運送，以 F 湖區最高水位 112m 估算，至鳥嘴潭淨水場穩壓塔水位 55.79m(此為枯水期水位，豐水期水位為 55.92，差異並不大，因此以下水頭計算均以 55.79m 作為穩壓塔水位)，最大總水頭為 56.21m；若以 F 湖區最低水位 99m 估算，最小總水頭為 43.21m。原水導水管總長 10,891m，分為鳥嘴潭人工湖 F 區至導水管權責分界點長為 3,320m，採 SP 鋼管 $\phi=1,500\text{mm}$ ，台水公司負責段權責分界點至鳥嘴潭淨水場長為 7,571m，採 DIP 鑄鐵管 $\phi=1,800\text{mm}$ ，落差關係斷面如圖 2-6 所示。



圖 2-5、鳥嘴潭人工湖至鳥嘴潭淨水場管線配置圖

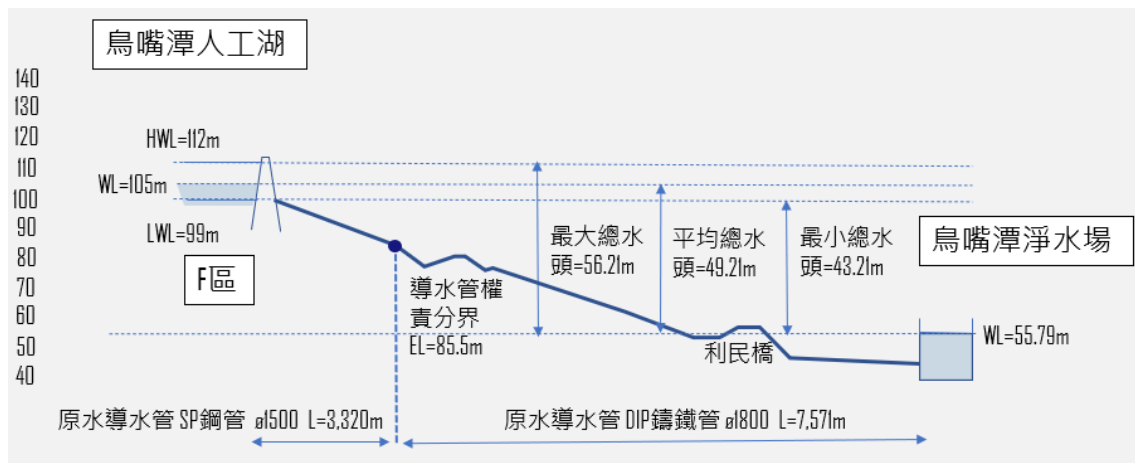


圖 2-6、落差關係縱斷面圖

2.4.2 管線流量統計與分析

水力檢討分別以各湖區呆水位+1.5D 及滿水位為上游邊界條件，下游邊界條件為草屯淨水場銜接點(E 湖區南側 EL.115)及烏嘴潭淨水場(原水導水管銜接穩壓塔處 EL.55.79)，檢核各湖區於最低水位(呆水位+1.5D)滿管壓力流流況及滿水位時，提供 0.5cms 至草屯淨水場及 2.5cms 至烏嘴潭淨水場之供水能力。

壓力流採 Bernoulli Equation 公式計算，管路摩擦損失採 Hazen-Williams 公式計算，各湖區於最低水位及滿水位時，總水頭扣除損失後均有足夠之剩餘水頭，可分別輸送 0.5cms 及 2.5cms 至草屯淨水場(E 湖區南側銜接點)及烏嘴潭淨水場(原水導水管責任分界點)。管路損失分析方式如下，分析成果詳表 2-4 所示。

1 管路摩擦損失 Hazen-Williams 公式

$$H_f = 10.666 \times C^{-1.85} \times D^{-4.87} \times Q^{1.85} \times L$$

H_f ：管路摩擦損失(m)

C ：流速係數，本案採 SP 鋼管及 DIP 鑄鐵管，係數皆為 130

D ：輸水管直徑(m)

Q ：設計流量(cms)

L ：管路長度(m)

2 入口損失

$$\Delta h = C \times (V^2 / 2g)$$

流速 $V(\text{m/sec})$

損失係數 C ， $C=0.5$

3 出口損失

$$\Delta h = C \times (V^2 / 2g)$$

流速 $V(\text{m/sec})$

損失係數 C ， $C=1$

4 彎道損失

$$\Delta h = k \times (V^2 / 2g)$$

$$k = 0.95 \sin^2 \frac{\theta}{2} + 2.05 \sin^4 \frac{\theta}{2}$$

θ ：彎曲角度

5 門閥損失

$$\Delta h = F_v \times (V^2 / 2g)$$

F_v ：蝶閥損失係數，採用 0.05

表 2-4、鳥嘴潭人工湖各水位管線水頭損失分析表

	設計 流量	管徑	長度	起算 水頭	終點 高程	剩餘 水頭	摩 擦 損失	次 要 損失	總損失	淨水頭
流路	(cms)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
F 湖區至鳥嘴潭 淨水場原水導水管 分界點	3.762	1.5	3,320	112	85.5	26.5	7.006	0.25	7.256	19.244
原水導水管分界 點至鳥嘴潭淨水 場	3.762	1.8	7571	85.5	55.79	29.7	6.575	0.25	6.825	22.885
							13.581	0.50	14.081	42.129

	設 計 流量	管 徑	長 度	起 算 水 頭	終 點 高 程	剩 餘 水 頭	摩 擦 損 失	次 要 損 失	總 損 失	淨 水 頭
流 路	(cms)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
F 湖區至鳥嘴潭 淨水場原水導水 管分界點	2.5	1.5	3,320	112	85.5	26.5	3.290	0.25	3.540	22.960
原水導水管分界 點至鳥嘴潭淨水 場	2.5	1.8	7571	85.5	55.79	29.7	3.087	0.25	3.337	26.373
							6.376	0.50	6.876	49.334
F 湖區至鳥嘴潭 淨水場原水導水 管分界點	3.762	1.5	3,320	105	85.5	19.5	7.006	0.25	7.256	12.244
原水導水管分界 點至鳥嘴潭淨水 場	3.762	1.8	7571	85.5	55.79	29.7	6.575	0.25	6.825	22.885
							13.581	0.50	14.081	35.129
F 湖區至鳥嘴潭 淨水場原水導水 管分界點	3.125	1.5	3,320	105	85.5	19.5	4.971	0.25	5.221	14.279
原水導水管分界 點至鳥嘴潭淨水 場	3.125	1.8	7571	85.5	55.79	29.7	4.665	0.25	4.915	24.795
							9.635	0.500	10.135	39.075
F 湖區至鳥嘴潭 淨水場原水導水 管分界點	2.5	1.5	3,320	105	85.5	19.5	3.290	0.25	3.540	15.960
原水導水管分界 點至鳥嘴潭淨水 場	2.5	1.8	7571	85.5	55.79	29.7	3.087	0.25	3.337	26.373
							6.376	0.50	6.876	42.334
F 湖區至鳥嘴潭 淨水場原水導水 管分界點	3.762	1.5	3,320	101	85.5	15.8	7.006	0.25	7.256	8.494

	設計 流量	管徑	長度	起算 水頭	終點 高程	剩餘 水頭	摩 擦 損失	次 要 損失	總損失	淨水頭
流路	(cms)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
原水導水管分界 點至鳥嘴潭淨水 場	3.762	1.8	7571	85.5	55.79	29.7	6.575	0.25	6.825	22.885
							13.581	0.50	14.081	31.379
F 湖區至鳥嘴潭 淨水場原水導水 管分界點	2.5	1.5	3,320	101	85.5	15.8	3.290	0.25	3.540	12.210
原水導水管分界 點至鳥嘴潭淨水 場	2.5	1.8	7571	85.5	55.79	29.7	3.087	0.25	3.337	26.373
							6.376	0.500	6.876	38.584

根據表 2-1 烏溪橋歷年月平均流量，推估鳥嘴潭淨水場原水導水管月平均流量如圖 2-7 所示，鳥嘴潭人工湖至少可提供輸送 2.5cms 之供水能力，以月平均流量超越曲線如圖 2-8 所示。

鳥嘴潭淨水場原水導水管推估月平均流量排序圖

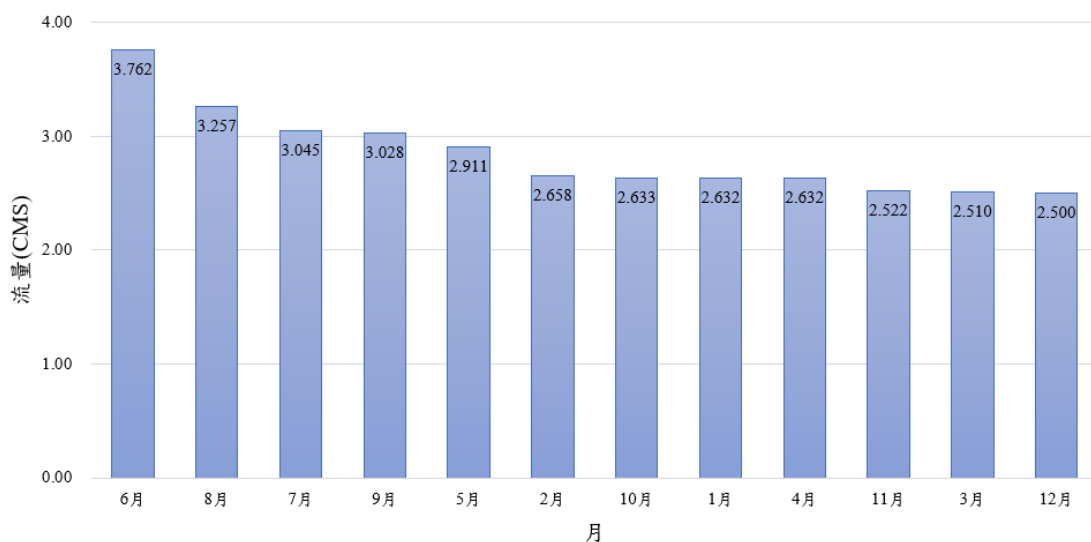


圖 2-7、鳥嘴潭淨水場原水導水管推估月平均流量排序圖

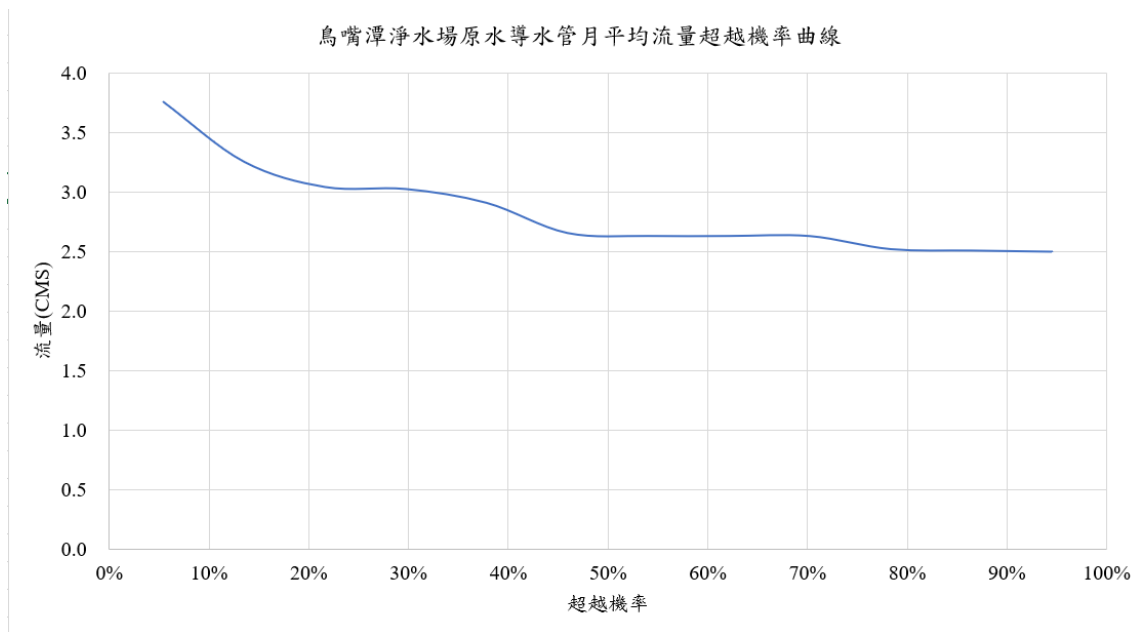


圖 2-8、鳥嘴潭淨水場原水導水管月平均流量超越機率曲線

由鳥嘴潭人工湖 F 區鳥嘴潭淨水場之靜水壓為 56.21m，管容許壓力為 5.621kg/cm²，根據表 2-4 鳥嘴潭各水位管線水頭損失分析，可算出最大流量 3.762cms 時，動水壓為 42.13m；最小流量 2.5cms 時，動水壓為 49.33m，如圖 2-9 所示。

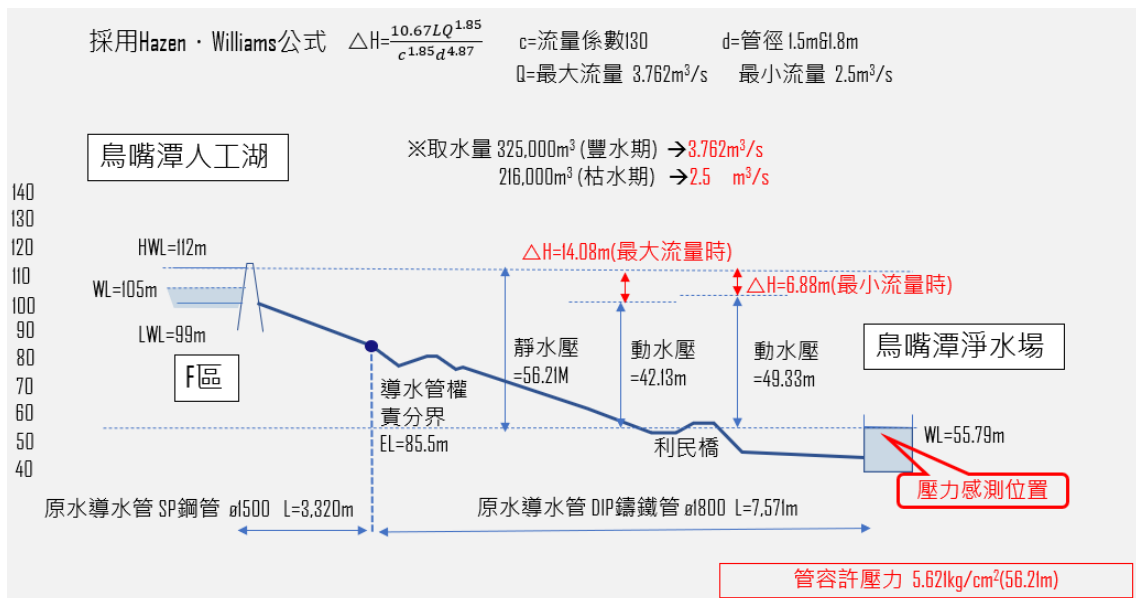
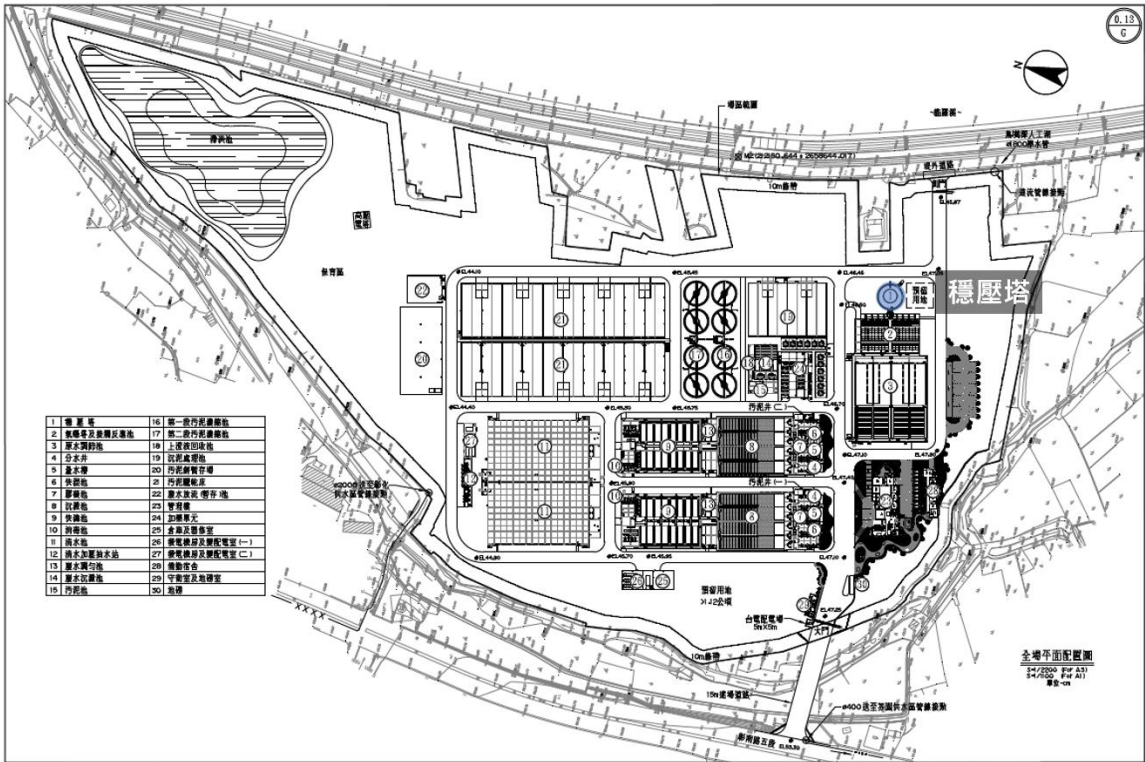


圖 2-9、鳥嘴潭人工湖至鳥嘴潭淨水場落差關係示意圖

2.5 相關設施及構造物

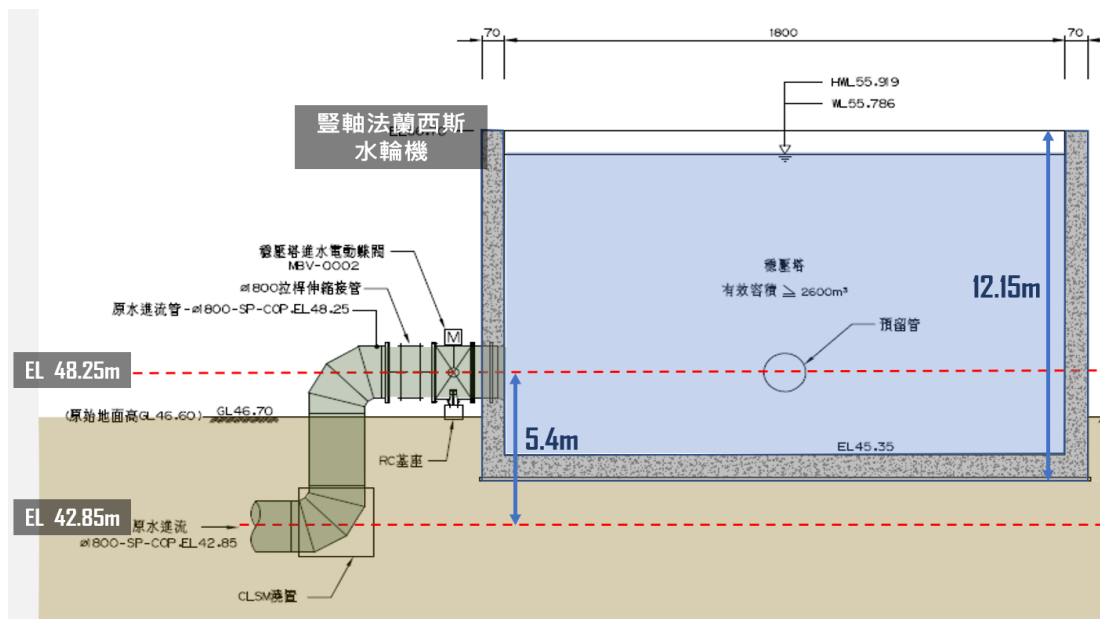
2.5.1 相關設施

本計畫位於鳥嘴潭淨水場內，場區東南角之穩壓塔旁，為原水進水管進入廠區後之第一個淨水設施，場區平面配置圖如圖 2-10 所示，淨水流程單元如圖 2-11 所示。



資料來源：丰元國際科技_鳥嘴潭淨水場新建統包工程

圖 2-10、鳥嘴潭淨水場平面配置圖



資料來源: 丰元國際科技_鳥嘴潭淨水場新建統包工程

圖 2-13、鳥嘴潭淨水場穩壓塔剖面圖

2.6 鄰近饋線調查

鳥嘴潭淨水場計畫範圍內有饋線 AM36 經過，屬於台電南投區處，目前可饋容量為 1,970kW，於場區內便可進行併網，如圖 2-14 所示。



圖 2-14、鳥嘴潭淨水場鄰近饋線容量圖

第3章 鳥嘴潭淨水場小水力可行性分析

3.1 管線配置及發電設施規劃

原水進水管自權責分界點銜接至鳥嘴潭淨水場，進入場區後管線埋至地下，斜向經過場區道路後供水進入穩壓塔。以穩壓塔右側，越過道路後之特定目的事業用地範圍內作為小水力發電設備設置預定地，由於目前既有規劃之原水流量計及電動蝶閥位置相對於小水力預定地欲配置進水及退水管路線不順暢，水頭損失扣損過大，建議將原水流量計及電動蝶閥位置調整至淨水場側門入口左側空地，預留 $\phi=1,800\text{mm}$ 之 T 字管以便將來銜接小水力進水管之用，原穩壓塔設計之預留管管徑 $\phi=1,350\text{mm}$ 建議改至 $\phi=1,800\text{mm}$ ，如圖 3-1 所示。

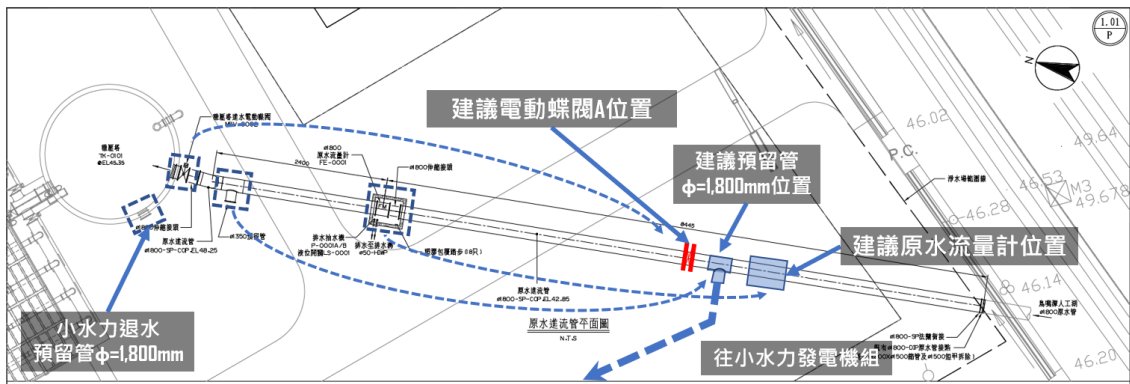


圖 3-1、鳥嘴潭淨水場原水進水管修正建議

小水力發電機房長 12m，寬 10m，室內配置水輪機、發電機、配電盤、升壓設備等設施，於原水進水管上調整電動蝶閥 A 及原水流量計位置，並設置 $\phi=1,800\text{mm}$ 預留管，做為未來小水力發電之用，在小水力進水管上新增電動蝶閥 B。在流量大時蝶閥 A 及蝶閥 B 全開讓原水亦可從原水進水管流至穩壓塔，正常流量下關閉蝶閥 A 開啟蝶閥 B，在流量過少時開啟蝶閥 A，關閉蝶閥 B 避免水錘作用破壞水輪機。蝶閥 B 後銜接 $\phi=1,800\text{mm}$ 之壓力管進入水輪機(圖示以法蘭西斯水輪機為例)，帶動發電機後，原水自水輪機另一側退水，利用預留管接頭進入穩壓塔，相關平面配置如圖 3-2 所示。

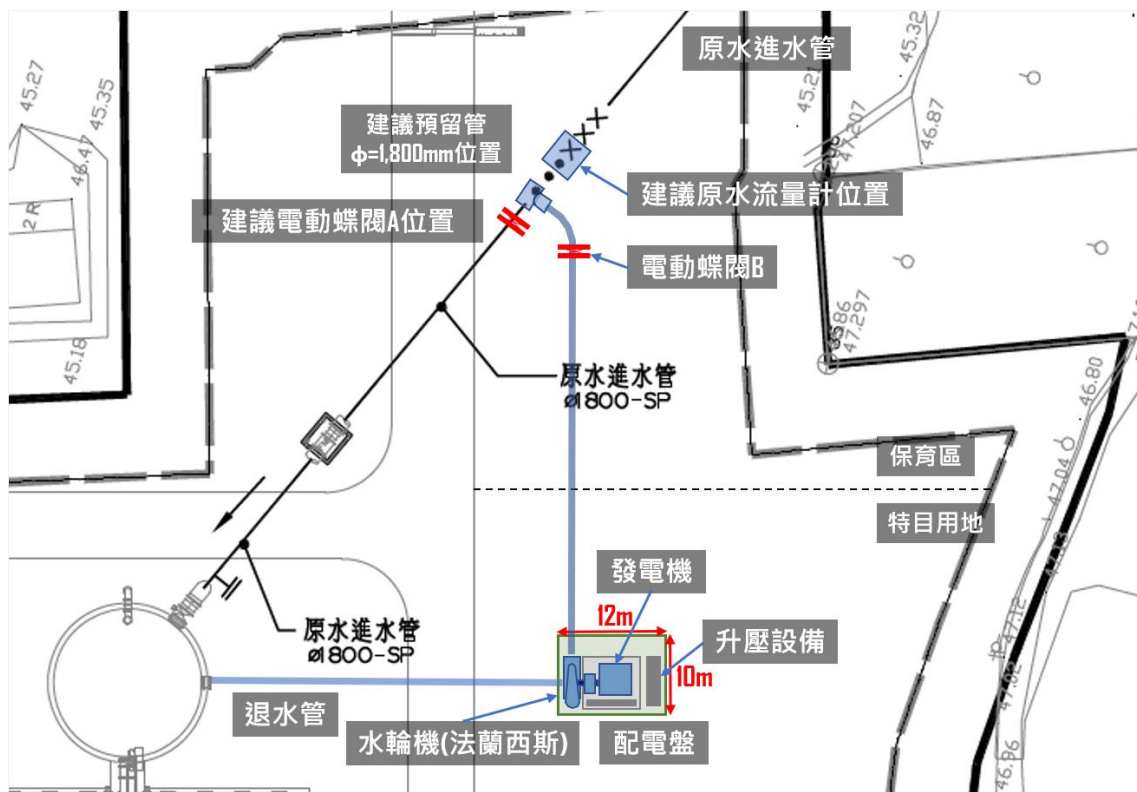
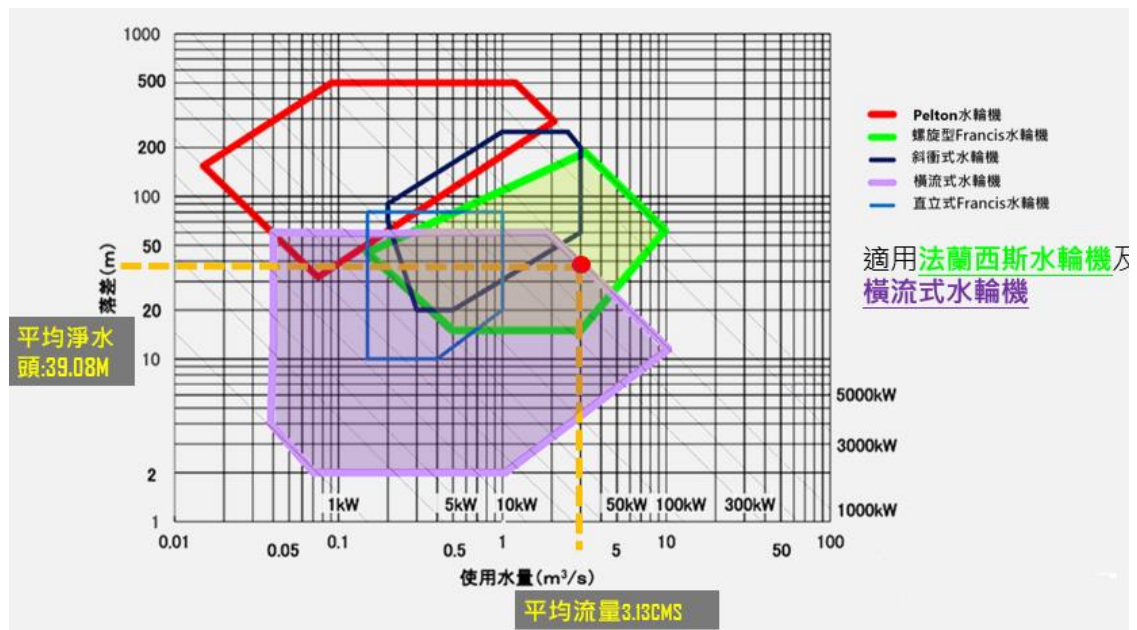


圖 3-2、鳥嘴潭淨水場小水力發電平面配置圖

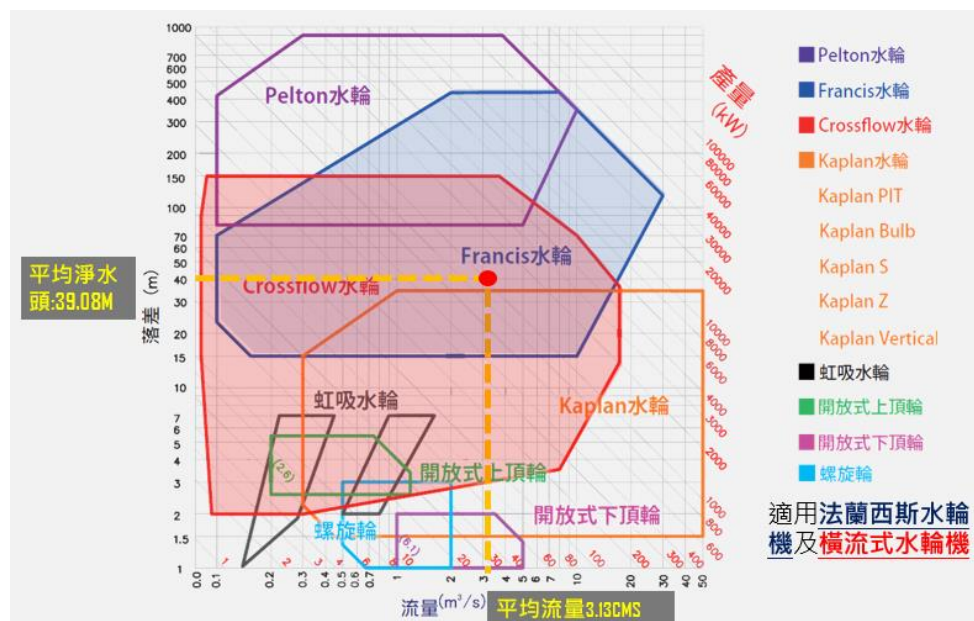
3.2 水輪機選擇

根據表 2-3 鳥嘴潭人工湖各水位管線水頭損失分析，鳥嘴潭淨水場原水進水管之平均淨水頭為 39.075m，平均流量為 3.125cms，對照 2 種水輪機選取表均以法蘭西斯式水輪機及橫流式水輪機最為適用，如圖 3-3 及圖 3-4 所示。



資料來源：田中株式會社水輪機選取表

圖 3-3、水輪機選取圖(1)



資料來源：日本小水力發電株式會社水輪機選取表

圖 3-4、水輪機選取圖(2)

再根據水輪機效率曲線圖，法蘭西斯式水輪機在接近設計流量時之效率約在 85%~90%之間，在實際流量較低時運轉效率下降較快；橫流式水輪機在接近設計流量時之效率約在 75%~80%之間，在實際流量較低時仍能維持 75%以上之運轉效率，如圖 3-5 所示。

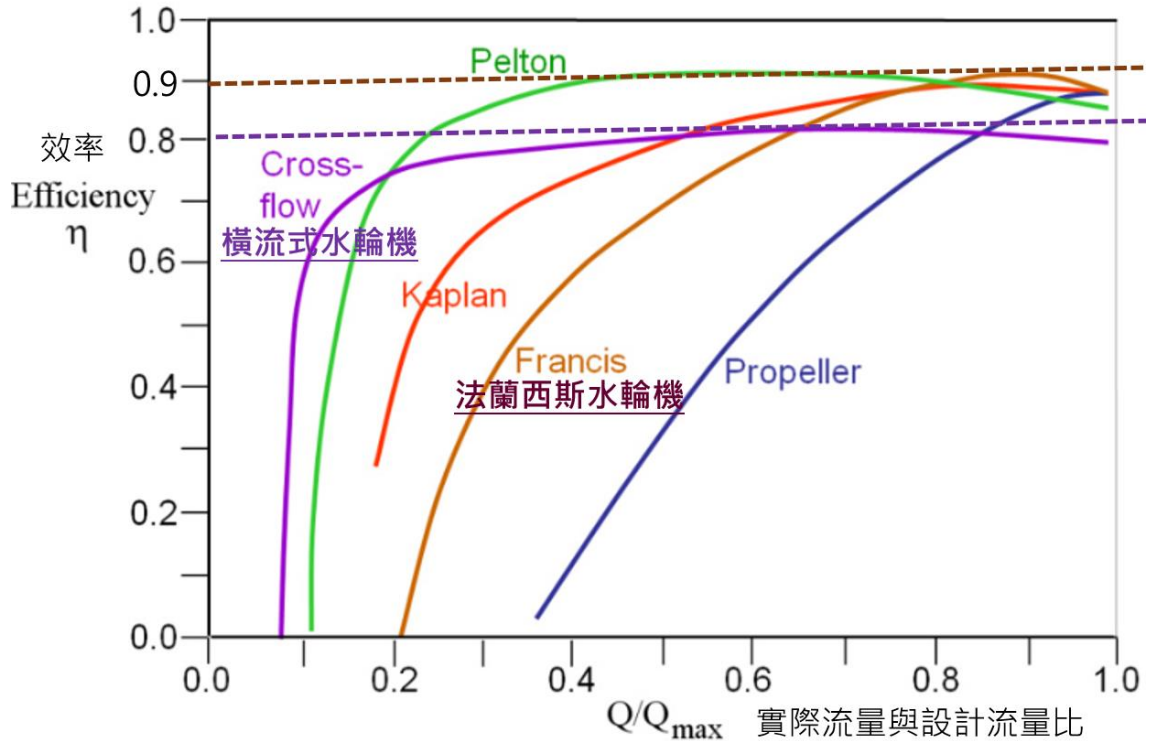


圖 3-5、水輪機效能曲線圖

法蘭西斯式水輪機適用水頭範圍為 15m~200m，為中高水頭水輪機之一，適用流量為 0.15~10cms，主要特色為流經管道的水從螺旋形殼體從各個方向垂直於主軸流向轉輪（葉輪）。此時，水具有壓力和速度能，並從支撐葉片穿過狹窄的導向葉片，進入轉輪，並轉換為旋轉動能。它是世界上使用最多的類型（佔 70-80%），揚程和流量的適用範圍廣，為反擊型水輪機的一種，水可充滿內部流動，有最高的運用效率(>90%)，如圖 3-6 所示。



圖 3-6、法蘭西斯式水輪機示意圖

橫流式水輪機適用水頭範圍為 2m~60m，適用流量為 0.04~10cms，主要原理為從導向葉片引導水撞擊轉輪葉片的外周並產生旋轉力，然後流過轉輪內部（橫流），再次作用在葉片上，並逸出到外圍再次給葉片施加旋轉力。由於流道形狀具有允許入口寬度變大的結構，所以通過使用寬度不同的兩種類型的導葉，可以有效地應對流量的變動。它的機器價格低廉、結構簡單，非常易於安裝，操作和維護，相對於流量變化，效率差異較小，最大效率值略低於法蘭西斯水輪機，如圖 3-7 所示。

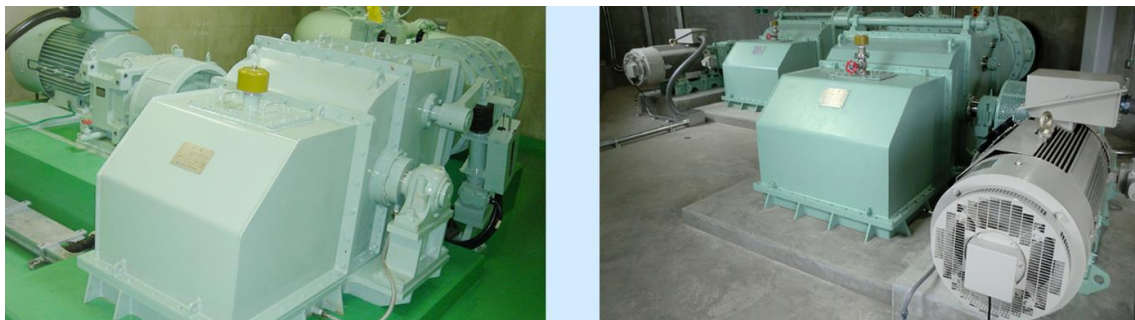


圖 3-7、橫流式水輪機示意圖

3.3 發電機

本計畫將配合流量條件與水輪機特性，依據各點位情形，搭配對應之發電機，同步發電機或誘導發電機。在小水力開發案中，皆依據啟動流量與併網需求，搭配上上述水輪機，其比較如表 3-1 所示。

表 3-1、發電機對照表

	感應發電機	同步發電機
電壓變動	並列時因突入電流會產生電壓變動	沒有因突入電流而產生的電壓變動
自立運轉	不可(只能協調運轉)	可能
效率	比同步發電機高	部分負載時很少會導致效率降低

3.4 控制器

1 控制與監視系統

水輪機及發電機在運轉上需要能進行監視及控制的儀器，再加上小水力發電站平常運轉時幾乎都是無人值守，因此會利用遠端監控系統以便即時監測個設備之水量、發電量、電氣狀態(容量、電壓等)以及安全監控等，一旦有異常就會立即通知操作員，如圖 3-9 所示。

(1) 水輪機發電控制裝置

- A. 水力發電站用來運轉控制、保護、監視的控制裝置。
- B. 除水輪機及發電機外，尚包括取水門、除塵設備等土木設備之綜合性控制。
- C. 依照水輪機發電機的種類、運用條件等可進行以下的控制。
 - (a). 自動起動停止控制
 - (b). 調速機控制(Governor control)
 - (c). 自動電壓調整控制(AVR)、自動力率調整控制(APFR)
 - (d). 應水控制(Water response control)、水位調整控制
 - (e). 程序運轉控制
 - (f). 水輪機高效率運轉控制
 - (g). 除塵機自動運轉控制
- D. 導入 PLC、GP(圖形面板)、數位調整器等最新技術，以建構更容易使用、更具經濟性、可信度更高的控制裝置。
- E. 可採用個人電腦之綜合運轉監視裝置(SCADA)。

(2) 遠端監視裝置

- A. 利用互聯網及手機網，即可遠端監測運轉狀況。
- B. 當發生異常狀況時，會發送郵件訊息到管理員的手機裡。
- C. 早一步獲得運轉狀況及異常資訊，使發電站更有效率。
- D. 由於電網是使用的機器與軟體，故機能相當充實，且非常經濟。
- E. 從單純只有監視的簡易型，到可製作趨勢圖、運轉履歷、表格等多功能型的全系列產品一應俱全。



圖 3-8、水輪機與發電機控制單元與圖控系統示意圖

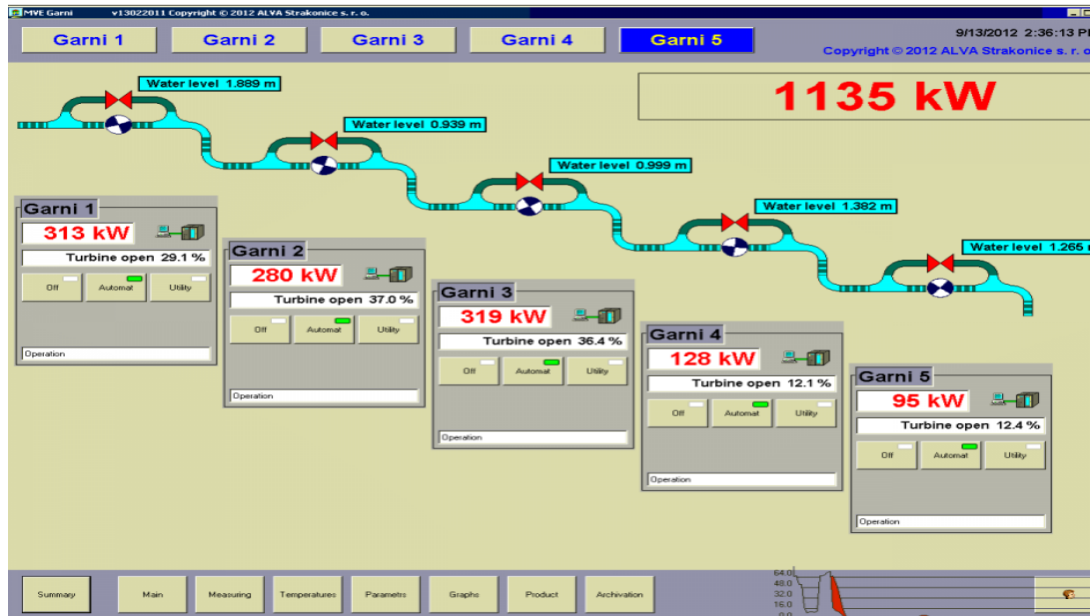


圖 3-9、雙向控制圖控系統示意圖

2 變壓與併網單元

為了將產生的電力連接到電力(電網)，公司的配電、輸電線路並進行反向潮流(將電力回送到送電方)，需要用到與電網連接的設備，如下圖 3-10~圖 3-11 所示。

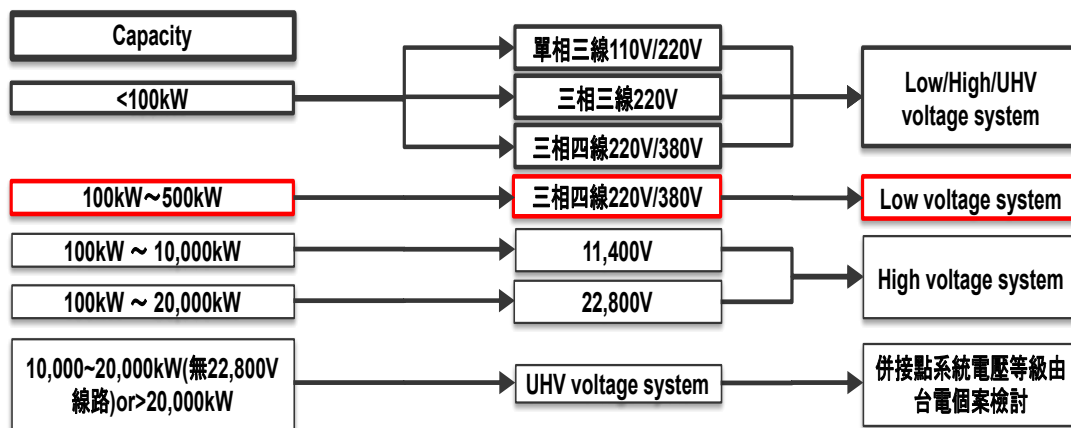


圖 3-10、併網變壓分類圖



圖 3-11、變壓器示意圖

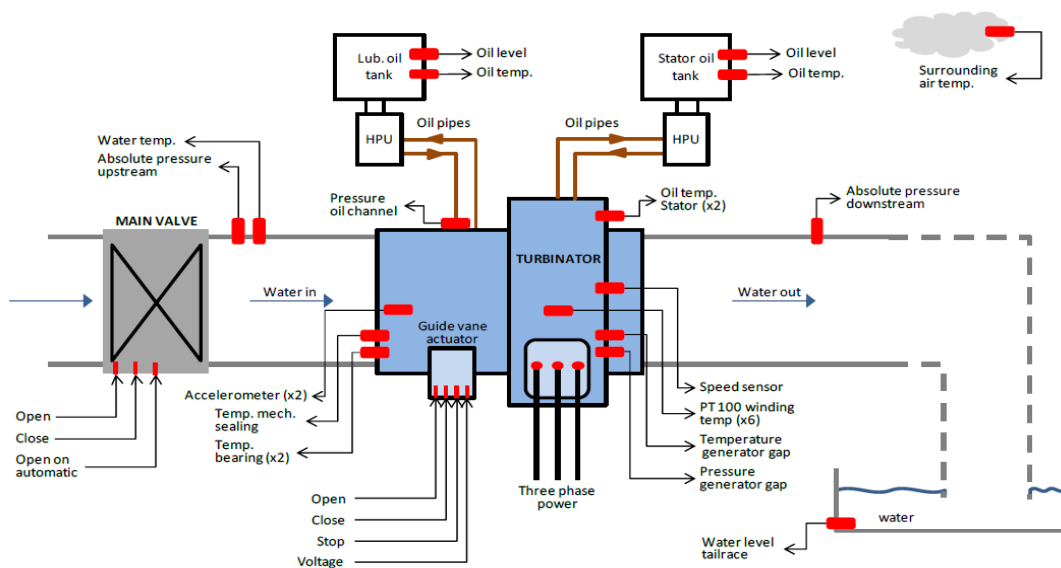


圖 3-12、併網變壓單元示意

第4章 鳥嘴潭淨水場小水力可行性財務分析

4.1 發電容量規模計算

根據表 2-4 鳥嘴潭人工湖各水位管線水頭損失分析，得出在不同流量下不同水頭高之淨水頭，再依據淨水頭落差 $\times$ 流量 $\times 9.8 \times$ 水輪機效率=裝置容量之公式，得出不同情境下之裝置容量。在不同裝置容量下，水輪機及發電機之體積也會有所變動，進而影響裝置所需面積。法蘭西斯式水輪機之發電容量規模計算如表 4-1 所示，橫流式水輪機之發電容量規模計算如表 4-2 所示。

表 4-1、發電容量規模計算表_法蘭西斯式水輪機

	設計流量 (m/s) A	鳥嘴潭人工湖 高程 (m) B	鳥嘴潭淨水場 高程 (m) C	總水頭(m) D=B-C	h 摩擦水頭損失(m) E	次要水頭損失(m)* F	淨水頭 (m) G=D-E-F	預期裝置容量 (kW) H=A $\times$ G $\times$ 9.8 $\times$ 85% (發電效率)	預估裝置所需 面積 (m ²)
最大總水頭	3.76	112	55.79	56.21	13.58	0.5	42.13	1,320	156
	2.5	112	55.79	56.21	6.38	0.5	49.33	1,027	121
平均總水頭	3.76	105	55.79	49.21	13.58	0.5	35.13	1,101	130
	3.125	105	55.79	49.21	9.64	0.5	39.07	1,017	120
	2.5	105	55.79	49.21	6.38	0.5	42.33	882	104
最小總水頭 (呆水位 +1.5d)	3.76	101.25	55.79	45.46	13.58	0.5	31.38	983	116
	2.5	101.25	55.79	45.46	6.38	0.5	38.58	804	95

表 4-2、發電容量規模計算表_橫流式水輪機

	設計流量 (m/s) A	鳥嘴潭人工湖 高程 (m) B	鳥嘴潭淨水場 高程 (m) C	總水頭(m) D=B-C	h 摩擦水頭損失(m) E	次要水頭損失(m)* F	淨水頭 (m) G=D-E-F	預期裝置容量 (kW) H=A $\times$ G $\times$ 9.8 $\times$ 75% (發電效率)	預估裝置所需 面積 (m ²)
最大總水頭	3.76	112	55.79	56.21	13.58	0.5	42.13	1,165	137
	2.5	112	55.79	56.21	6.38	0.5	49.33	907	107

	設計流量 (m/s) A	鳥嘴潭人工湖 高程 (m) B	鳥嘴潭淨水場 高程 (m) C	總水頭(m) D=B-C	h 摩擦水頭損失(m) E	次要水頭損失(m)* F	淨水頭 (m) G=D-E-F	預期裝置容量 (kW) $H=A \times G \times 9.8 \times 75\%$ (發電效率)	預估裝置所需面積 (m ²)
平均總水頭	3.76	105	55.79	49.21	13.58	0.5	35.13	971	115
	3.125	105	55.79	49.21	6.38	0.5	42.33	778	92
	2.5	105	55.79	49.21	9.64	0.5	39.07	897	106
最小總水頭 (呆水位 +1.5d)	3.76	101.25	55.79	45.46	13.58	0.5	31.38	868	102
	2.5	101.25	55.79	45.46	6.38	0.5	38.58	709	84

將月平均流量扣除一個標準差 0.363cms 作保守取水量(平均 2.473cms)，並再設置取水上限 2.5cms 之後再計算保守裝置容量，乘以預估之發電機效率 90%，便可得出每小時可能發電量及每月可能發電量，加總而得一年可能發電量 (MWh)，如表 4-3 及表 4-4 所示。

表 4-3、可能發電量計算表_法蘭西斯式水輪機

	取水量 (m ³ /s)	鳥嘴潭人工湖水位 W.L.	鳥嘴潭水場調節池水位 W.L.	原水導水管損失水頭(m)	推算有效落差(m)	裝置容量 (kW)	月可能發電量 (MWh)
1 月	2.257	102.38	48.25	5.78	40.81	767	514
2 月	2.276	102.59	48.25	5.86	40.94	776	469
3 月	2.163	101.33	48.25	5.38	40.16	724	485
4 月	2.264	102.37	48.25	5.81	40.78	769	498
5 月	2.500	104.75	48.25	6.88	42.09	876	587
6 月	2.500	112	48.25	6.88	49.33	1,027	666
7 月	2.500	105.89	48.25	6.88	43.22	900	603
8 月	2.500	107.7	48.25	6.88	45.03	938	628
9 月	2.500	105.75	48.25	6.88	43.08	897	581
10 月	2.274	102.38	48.25	5.85	40.74	772	517
11 月	2.157	101.43	48.25	5.35	40.29	724	469
12 月	2.137	101.25	48.25	5.27	40.19	715	479
一年可能發電量(MWh)			6,496	平均	42.22	824	541

表 4-4、可能發電量計算表_橫流式水輪機

	取水量 (m ³ /s)	鳥嘴潭人 工湖水位 W.L.	鳥嘴潭水場 調節池水位 W.L.	原水導水 管損失水 頭(m)	推算有效 落差(m)	裝置容量 (kW)	月可能發 電量 (MWh)
1 月	2.257	102.38	48.25	5.78	40.81	677	453
2 月	2.276	102.59	48.25	5.86	40.94	685	414
3 月	2.163	101.33	48.25	5.38	40.16	639	428
4 月	2.264	102.37	48.25	5.81	40.78	678	440
5 月	2.500	104.75	48.25	6.88	42.09	773	518
6 月	2.500	112	48.25	6.88	49.33	907	587
7 月	2.500	105.89	48.25	6.88	43.22	794	532
8 月	2.500	107.7	48.25	6.88	45.03	828	554
9 月	2.500	105.75	48.25	6.88	43.08	792	513
10 月	2.274	102.38	48.25	5.85	40.74	681	456
11 月	2.157	101.43	48.25	5.35	40.29	639	414
12 月	2.137	101.25	48.25	5.27	40.19	631	423
一年可能發電量(MWh)			5,731	平均	42.22	727	478

4.2 設置成本估算及其他費用預估

小水力發電工程之投資總額包括直接工程成本、間接工程成本、工程預備費、施工期間物價上漲準備金以及施工期間利息等項目。其中，直接工程成本係指各構造物及設備之人工、材料、施工機具、設備採購、運輸及安裝等費用，包括土木工程、水工機械及機電設備等三大部分。本計畫已參考相關小水力發電工程及本地區之人力、物力等各項資料，進行分析。至於機電設備與水工機械等之費用亦洽詢國內、外廠商報價參考。間接成本係指費用之支付難於全數歸類於特定結構物之費用，施工期間物價上漲準備金係為反映物價波動所估列之上漲準備金。本計畫依上述各個項目進行成本估算，並配合計畫實施時程進行分年經費之估算，如表 4-5 所示。

表 4-5、烏嘴潭淨水場小水力電廠建造成本估計表

項目	工程項目	工程費(仟元)		備註
		法蘭西斯式水輪機	橫流式水輪機	
一、	規劃及設計階段作業費			
1	規劃、基本及詳細設計費	10,000	10,000	
二、	工程建造費	197,154	168,285	
1	直接工程成本	147,405	125,821	
1.1	電廠廠房	9,065	9,065	
1.2	尾水路	2,242	2,242	
1.3	水工機械設備	21,695	21,695	
1.4	水輪發電機組設備	80,687	60,516	
1.5	儀控及輸變電設備	24,071	24,071	
1.6	雜項工程	6,888	5,879	以 1.1~1.5 項和之 5%估列
1.7	職安衛生及環保	2,755	2,352	以 1.1~1.5 項和之 2%估列
2	間接成本	22,111	18,873	以 1 項之 15%估列
3	工程預備費	25,427	21,704	以 1 及 2 項和之 15%估列
4	物價調整費	2,211	1,887	以 1 項之 1.5%估列
四、	總工程費(一+二)	207,154	178,285	
五、	施工期間利息	6,215	5,349	以總工程費 3%估列
	建造成本	213,368	183,634	

4.3 經濟效益分析

依 110 年所公告之再生能源發電設備電能躉購費率如表 4-6 所示，不及 2,000 瓩之小水力發電為 3.1683(元/度)，若依躉售價格計算發電經濟效益如表 4-7 所示，若採用轉供售電 2.5(元/度)加上綠電憑證 2(元/度)計算其發電經濟效益如表 4-8 所示。

表 4-6、110 年度再生能源發電設備電能躉購費率表

再生能源類別			110 年躉購費率(元/度)	
風力發電	陸域	不及 30 瓩		7.7725
		30 瓩以上	有安裝或具備 LVRT 者	2.3041
			有安裝或具備 LVRT 者	2.2721
	離岸	-	固定 20 年躉購費率	4.6568
			階段式躉購費率	
			前 10 年	5.3064
			後 10 年	3.5206

再生能源類別		110 年躉購費率(元/度)		
小水力發電	不及 2,000 瓩		3.1683	
	2,000 瓩以上不及 20,000 瓩		2.8599	
生質能發電	無厭氧消化設備		2.6884	
	有厭氧消化設備		5.1176	
廢棄物發電			3.9482	
地熱能發電		固定 20 年躉購費率		5.1956
		階梯式躉購費率	前 10 年	6.171
			後 10 年	3.5685

表 4-7、烏嘴潭淨水場小水力發電計畫經濟評估表_躉售價格

	法蘭西斯式水輪機	橫流式水輪機
一、總工程費(仟元)	213,368	183,634
二、電廠容量及能量		
年發電量(千度)	6,496	5,731
三、年成本(仟元)		
1.固定年成本		
利息(3.000%)	6,401	5,509
年償債基金(0.887%)	1,893	1,629
年換新準備金	1,541	1,326
稅捐及保險(0.0422%)	90	77
2.一般運維費	4,048	3,484
小計	13,972	12,025
四、年效益(仟元)		
躉售價格(元/度)	3.1683	3.1683
1.發電效益	20,580	18,159
2.容量效益	-	-
小計	20,580	18,159
五、經濟效益		
1.益本比	1.47	1.51
2.淨效益(仟元)	6,608	6,134
六、單位建造成本(仟元/瓩)	258.99	252.62
七、單位發電成本(元/度)	2.151	2.098

表 4-8、鳥嘴潭淨水場小水力發電計畫經濟評估表_轉供售電+綠電憑證

	法蘭西斯式水輪機	橫流式水輪機
一、總工程費(仟元)	213,368	183,634
二、電廠容量及能量		
年發電量(千度)	6,496	5,731
三、年成本(仟元)		
1.固定年成本		
利息(3.000%)	6,401	5,509
年償債基金(0.887%)	1,893	1,629
年換新準備金	1,541	1,326
稅捐及保險(0.0422%)	90	77
2.一般運維費	4,048	3,484
小計	13,972	12,025
四、年效益(仟元)		
轉供售電(元/度)	2.5	2.5
綠電憑證(元/度)	2	2
售電價小計	4.5	4.5
1.發電效益	29,230	25,792
2.容量效益	-	-
小計	29,230	25,792
五、經濟效益		
1.益本比	2.09	2.14
2.淨效益(仟元)	15,259	13,767
六、單位建造成本(仟元/瓩)	258.99	252.62
七、單位發電成本(元/度)	2.151	2.098

根據 2 種不同之水輪機以及 2 種不同之售電方式，可得出四種不同之經濟效益分析情境，如表 4-9 所示。將此四種情境進行 20 年經濟效益分析，比較如表 4-10 所示，各種情境詳細分析如表 4-11~表 4-14 所示。

表 4-9、財務分析情境表

法蘭西斯式 水輪機	售電價格		橫流式水 輪機	售電價格	
	躉售 =3.1683	轉供售電+綠電 憑證=4.5		躉售 =3.1683	轉供售電+綠電 憑證=4.5
綜合效率 85%	情境一	情境二	綜合效率 75%	情境三	情境四

表 4-10、經濟效益分析比較表

	情境一	情境二	情境三	情境四
水輪機	法蘭西斯	法蘭西斯	橫流式	橫流式
裝置容量	824	824	727	727
建置金額	213,368	213,368	183,634	183,634
售電價格	3.1683	4.5	3.1683	4.5
發電機效率	90%	90%	90%	90%
財務分析				
回收年數	14.19	9.24	13.83	9.01
NPV	77,127	219,449	72,258	197,837
IRR	4.57%	9.72%	4.84%	10.07%

表 4-11、經濟效益情境一

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
Hydroturbine	法蘭西斯	0								213,368				-213,368	-213,368	-213,368
Capacity	824	1	6,228,277	19,733	19,489	2,134	600	493	3,227	3,187	19,489	216,556	0.09	16,506	16,302	-197,066
Invest Amount	213,368	2	6,228,277	19,733	19,249	2,134	600	493	3,227	3,148	38,738	219,703	0.18	16,506	16,101	-180,965
Buying Price	3.17	3	6,228,277	19,733	19,011	2,134	600	493	3,227	3,109	57,749	222,812	0.26	16,506	15,902	-165,063
Efficiency	90%	4	6,228,277	19,733	18,776	2,134	600	493	3,227	3,071	76,526	225,883	0.34	16,506	15,706	-149,357
Running Hrs	8,400	5	6,228,277	19,733	18,545	2,134	600	493	3,227	3,033	95,071	228,916	0.42	16,506	15,512	-133,845
Maintain Cost	2,134	6	6,228,277	19,733	18,316	2,134	600	493	3,227	2,995	113,386	231,911	0.49	16,506	15,320	-118,525
Interest R	3.16%	7	6,228,277	19,733	18,090	2,134	600	493	3,227	2,958	131,476	234,869	0.56	16,506	15,131	-103,393
Insurance	600	8	6,228,277	19,733	17,866	2,134	600	493	3,227	2,922	149,342	237,791	0.63	16,506	14,945	-88,449
Rebate	2.5%	9	6,228,277	19,733	17,646	2,134	600	493	3,227	2,886	166,988	240,676	0.69	16,506	14,760	-73,689
Loan Rate	3.16%	10	6,228,277	19,733	17,428	2,134	600	493	3,227	2,850	184,416	243,527	0.76	16,506	14,578	-59,111
Loan ratio	0%	11	6,228,277	19,733	17,213	2,134	600	493	3,227	2,815	201,628	246,341	0.82	16,506	14,398	-44,713
Fin Analysis		12	6,228,277	19,733	17,000	2,134	600	493	3,227	2,780	218,629	249,121	0.88	16,506	14,220	-30,493
Payback Yrs	14.19	13	6,228,277	19,733	16,790	2,134	600	493	3,227	2,746	235,419	251,867	0.93	16,506	14,045	-16,448
NPV	77,127	14	6,228,277	19,733	16,583	2,134	600	493	3,227	2,712	252,002	254,579	0.99	16,506	13,871	-2,577
IRR	4.57%	15	6,228,277	19,733	16,378	2,134	600	493	3,227	2,678	268,380	257,258	1.04	16,506	13,700	11,123

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
Discount Rate	1.3%	16	6,228,277	19,733	16,176	2,134	600	493	3,227	2,645	284,556	259,903	1.09	16,506	13,531	24,654
Revenue/Yr	19,733	17	6,228,277	19,733	15,976	2,134	600	493	3,227	2,613	300,533	262,516	1.14	16,506	13,364	38,017
Cost/Yr	3,227	18	6,228,277	19,733	15,779	2,134	600	493	3,227	2,580	316,312	265,096	1.19	16,506	13,199	51,216
		19	6,228,277	19,733	15,584	2,134	600	493	3,227	2,549	331,896	267,645	1.24	16,506	13,036	64,252
單位:仟元		20	6,228,277	19,733	15,392	2,134	600	493	3,227	2,517	347,288	270,162	1.29	16,506	12,875	77,127

表 4-12、經濟效益情境二

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
Hydroturbine	法蘭西斯	0								213,368				-213,368	-213,368	-213,368
Capacity	824	1	6,228,277	28,027	27,681	2,134	600	701	3,434	3,392	27,681	216,760	0.13	24,593	24,289	-189,079
Invest Amount	213,368	2	6,228,277	28,027	27,339	2,134	600	701	3,434	3,350	55,021	220,110	0.25	24,593	23,989	-165,090
Buying Price	4.50	3	6,228,277	28,027	27,002	2,134	600	701	3,434	3,309	82,023	223,419	0.37	24,593	23,693	-141,397
Efficiency	90%	4	6,228,277	28,027	26,669	2,134	600	701	3,434	3,268	108,691	226,687	0.48	24,593	23,401	-117,996
Running Hrs	8,400	5	6,228,277	28,027	26,339	2,134	600	701	3,434	3,228	135,031	229,915	0.59	24,593	23,112	-94,884
Maintain Cost	2,134	6	6,228,277	28,027	26,014	2,134	600	701	3,434	3,188	161,045	233,102	0.69	24,593	22,826	-72,057
Interest R	3.16%	7	6,228,277	28,027	25,693	2,134	600	701	3,434	3,148	186,738	236,251	0.79	24,593	22,545	-49,513
Insurance	600	8	6,228,277	28,027	25,376	2,134	600	701	3,434	3,109	212,114	239,360	0.89	24,593	22,266	-27,246
Rebate	2.5%	9	6,228,277	28,027	25,063	2,134	600	701	3,434	3,071	237,176	242,431	0.98	24,593	21,991	-5,255
Loan Rate	3.16%	10	6,228,277	28,027	24,753	2,134	600	701	3,434	3,033	261,929	245,464	1.07	24,593	21,720	16,465
Loan ratio	0%	11	6,228,277	28,027	24,448	2,134	600	701	3,434	2,996	286,377	248,460	1.15	24,593	21,452	37,917
Fin Analysis		12	6,228,277	28,027	24,146	2,134	600	701	3,434	2,959	310,523	251,419	1.24	24,593	21,187	59,104
Payback Yrs	9.24	13	6,228,277	28,027	23,848	2,134	600	701	3,434	2,922	334,370	254,341	1.31	24,593	20,925	80,029
NPV	219,449	14	6,228,277	28,027	23,553	2,134	600	701	3,434	2,886	357,923	257,227	1.39	24,593	20,667	100,696
IRR	9.72%	15	6,228,277	28,027	23,262	2,134	600	701	3,434	2,850	381,186	260,078	1.47	24,593	20,412	121,108
Discount Rate	1.3%	16	6,228,277	28,027	22,975	2,134	600	701	3,434	2,815	404,161	262,893	1.54	24,593	20,160	141,268
Revenue/Yr	28,027	17	6,228,277	28,027	22,692	2,134	600	701	3,434	2,781	426,853	265,674	1.61	24,593	19,911	161,179
Cost/Yr	3,434	18	6,228,277	28,027	22,411	2,134	600	701	3,434	2,746	449,264	268,420	1.67	24,593	19,665	180,844

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
		19	6,228,277	28,027	22,135	2,134	600	701	3,434	2,712	471,399	271,132	1.74	24,593	19,422	200,267
單位:仟元		20	6,228,277	28,027	21,861	2,134	600	701	3,434	2,679	493,260	273,811	1.80	24,593	19,183	219,449

表 4-13、經濟效益情境三

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
Hydroturbine	橫流式	0								183,634				-183,634	-183,634	-183,634
Capacity	727	1	5,495,539	17,412	17,197	1,836	600	435	2,872	2,836	17,197	186,470	0.09	14,540	14,360	-169,274
Invest Amount	183,634	2	5,495,539	17,412	16,984	1,836	600	435	2,872	2,801	34,181	189,271	0.18	14,540	14,183	-155,090
Buying Price	3.17	3	5,495,539	17,412	16,775	1,836	600	435	2,872	2,767	50,955	192,038	0.27	14,540	14,008	-141,082
Efficiency	90%	4	5,495,539	17,412	16,567	1,836	600	435	2,872	2,732	67,523	194,770	0.35	14,540	13,835	-127,247
Running Hrs	8,400	5	5,495,539	17,412	16,363	1,836	600	435	2,872	2,699	83,886	197,469	0.42	14,540	13,664	-113,583
Maintain Cost	1,836	6	5,495,539	17,412	16,161	1,836	600	435	2,872	2,665	100,047	200,134	0.50	14,540	13,496	-100,088
Interest R	3.16%	7	5,495,539	17,412	15,961	1,836	600	435	2,872	2,632	116,008	202,767	0.57	14,540	13,329	-86,759
Insurance	600	8	5,495,539	17,412	15,764	1,836	600	435	2,872	2,600	131,773	205,367	0.64	14,540	13,164	-73,594
Rebate	2.5%	9	5,495,539	17,412	15,570	1,836	600	435	2,872	2,568	147,342	207,935	0.71	14,540	13,002	-60,592
Loan Rate	3.16%	10	5,495,539	17,412	15,378	1,836	600	435	2,872	2,536	162,720	210,471	0.77	14,540	12,841	-47,751
Loan ratio	0%	11	5,495,539	17,412	15,188	1,836	600	435	2,872	2,505	177,907	212,976	0.84	14,540	12,683	-35,068
Fin Analysis		12	5,495,539	17,412	15,000	1,836	600	435	2,872	2,474	192,908	215,450	0.90	14,540	12,526	-22,542
Payback Yrs	13.83	13	5,495,539	17,412	14,815	1,836	600	435	2,872	2,443	207,723	217,893	0.95	14,540	12,372	-10,170
NPV	72,258	14	5,495,539	17,412	14,632	1,836	600	435	2,872	2,413	222,355	220,306	1.01	14,540	12,219	2,049
IRR	4.84%	15	5,495,539	17,412	14,451	1,836	600	435	2,872	2,383	236,806	222,690	1.06	14,540	12,068	14,117

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
Discount Rate	1.3%	16	5,495,539	17,412	14,273	1,836	600	435	2,872	2,354	251,079	225,044	1.12	14,540	11,919	26,036
Revenue/Yr	17,412	17	5,495,539	17,412	14,097	1,836	600	435	2,872	2,325	265,176	227,369	1.17	14,540	11,772	37,807
Cost/Yr	2,872	18	5,495,539	17,412	13,923	1,836	600	435	2,872	2,296	279,099	229,665	1.22	14,540	11,627	49,434
	13.66	19	5,495,539	17,412	13,751	1,836	600	435	2,872	2,268	292,850	231,933	1.26	14,540	11,483	60,917
單位:仟元		20	5,495,539	17,412	13,581	1,836	600	435	2,872	2,240	306,431	234,173	1.31	14,540	11,341	72,258

表 4-14、經濟效益情境四

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
Hydroturbine	橫流式	0								183,634				-183,634	-183,634	-183,634
Capacity	758	1	5,495,539	24,730	24,425	1,836	600	618	3,055	3,017	24,425	186,651	0.13	21,675	21,408	-162,226
Invest Amount	183,634	2	5,495,539	24,730	24,123	1,836	600	618	3,055	2,980	48,548	189,630	0.26	21,675	21,143	-141,083
Buying Price	4.50	3	5,495,539	24,730	23,825	1,836	600	618	3,055	2,943	72,373	192,573	0.38	21,675	20,882	-120,200
Efficiency	90%	4	5,495,539	24,730	23,531	1,836	600	618	3,055	2,907	95,904	195,480	0.49	21,675	20,625	-99,576
Running Hrs	8,400	5	5,495,539	24,730	23,241	1,836	600	618	3,055	2,871	119,145	198,350	0.60	21,675	20,370	-79,206
Maintain Cost	1,836	6	5,495,539	24,730	22,954	1,836	600	618	3,055	2,835	142,098	201,186	0.71	21,675	20,119	-59,087
Interest R	3.16%	7	5,495,539	24,730	22,670	1,836	600	618	3,055	2,800	164,769	203,986	0.81	21,675	19,870	-39,217
Insurance	600	8	5,495,539	24,730	22,390	1,836	600	618	3,055	2,766	187,159	206,751	0.91	21,675	19,625	-19,592
Rebate	2.5%	9	5,495,539	24,730	22,114	1,836	600	618	3,055	2,731	209,273	209,483	1.00	21,675	19,383	-210
Loan Rate	3.16%	10	5,495,539	24,730	21,841	1,836	600	618	3,055	2,698	231,114	212,181	1.09	21,675	19,143	18,934
Loan ratio	0%	11	5,495,539	24,730	21,571	1,836	600	618	3,055	2,664	252,686	214,845	1.18	21,675	18,907	37,840
Fin Analysis		12	5,495,539	24,730	21,305	1,836	600	618	3,055	2,632	273,991	217,477	1.26	21,675	18,673	56,514
Payback Yrs	9.01	13	5,495,539	24,730	21,042	1,836	600	618	3,055	2,599	295,033	220,076	1.34	21,675	18,443	74,957
NPV	197,837	14	5,495,539	24,730	20,782	1,836	600	618	3,055	2,567	315,815	222,643	1.42	21,675	18,215	93,172
IRR	10.07%	15	5,495,539	24,730	20,526	1,836	600	618	3,055	2,535	336,340	225,178	1.49	21,675	17,990	111,163
Discount Rate	1.3%	16	5,495,539	24,730	20,272	1,836	600	618	3,055	2,504	356,613	227,682	1.57	21,675	17,768	128,931

		Income				Cost					益本比			Cash Flow		
Term		Yr	kWh	Revenue	NPV	O&M cost	Insurance	Rebate	Csot/Yr	NP Cost/Yr	累計年效益	累計年成本	益本比	CF	DCF	Acc CF
Revenue/Yr	24,730	17	5,495,539	24,730	20,022	1,836	600	618	3,055	2,473	376,635	230,155	1.64	21,675	17,549	146,480
Cost/Yr	3,055	18	5,495,539	24,730	19,775	1,836	600	618	3,055	2,443	396,410	232,598	1.70	21,675	17,332	163,812
		19	5,495,539	24,730	19,531	1,836	600	618	3,055	2,412	415,940	235,010	1.77	21,675	17,118	180,930
單位:仟元		20	5,495,539	24,730	19,290	1,836	600	618	3,055	2,383	435,230	237,393	1.83	21,675	16,907	197,837

第5章 相關法規彙整

5.1 台灣小水力相關法規盤點

小水力目前於台灣並無專法，從規劃、建造至營運個階段所涉及之現有相關法規包含環境基本法、開發行為環境影響評估作業準則、開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準、電業法、水利法、促進民間參與公共建設法、促進民間參與公共建設法施行細則、促進民間參與公共建設公有土地出租及設定地上權租金優惠辦法、森林法、再生能源發展條例等法令，相關對照表請參見表 5-1。

為了改善能源結構、降低溫室氣體排放以及落實再生能源發電占比 20 % 的政策目標，近幾年為鼓勵小水力發電，各部會開始放寬法規：農委會「申請農業用地作業農業設施容許使用審查辦法」放寬小水力發電(非抽蓄式水力設施)，申請土地容許使用與農業經營結合規定；內政部「非都市土地使用管制規則」放寬農牧、林業及國土保安用地，比照太陽光電及風力設備，將小水力發電設施納入許可使用；立法院也於 2019 年 4 月 12 日三讀「再生能源發展條例部分條文修正」，活化既有圳路及水利設施用於發電，將「川流式水力」修正為「小水力發電」，透過優化再生能源發展環境以及配合「綠電先行」為目標的電業法，將小水力發電列進法規適用範圍，讓這些發電模式以及小型化、社區型的發電規模都有發展的法源依據；並開放業者可以在政府保證收購(躉購)制度與自由交易制度間相互轉換，讓綠電進入交易市場、強制用電大戶設置再生能源設備、儲能等修法內容，可加速民間企業加入小水力再生能源誘因，相關小水力放寬法規修法內容彙整如表 5-2 所示。

表 5-1、小水力各階段涉及法規對照

法規名稱	主管機關	開發階段
電業法	行政院經濟部	規劃/建造階段
地方政府推動再生能源設置專區補助作業要點	行政院經濟部	規劃階段
原住民地區參與再生能源設置示範獎勵辦法	行政院經濟部	規劃階段
用電設備檢驗維護管理規則	行政院經濟部	營運階段
專任電氣技術人員及用電設備檢驗維護業管理規則	行政院經濟部	營運階段
再生能源發展條例	行政院經濟部能源局	營運階段
再生能源發電設備設置管理辦法	行政院經濟部能源局	規劃/營運階段
再生能源發電設備查核準則	行政院經濟部能源局	營運階段
再生能源憑證實施辦法	行政院經濟部標檢局	規劃/營運階段
環境基本法	行政院環境保護署	規劃階段
開發行為環境影響評估作業準則	行政院環境保護署	規劃階段
開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準	行政院環境保護署	規劃階段
溫室氣體減量及管理法	行政院環境保護署	營運階段
水利法	行政院經濟部水利署	規劃/建造階段
水庫使用蓄水範圍使用管理辦法	行政院經濟部水利署	規劃/營運階段
自來水法	行政院經濟部水利署	規劃/營運階段
農田水利會灌溉排水管理要點	行政院農業委員會	規劃/建造階段
水土保持法	行政院農業委員會	規劃/建造階段
水土保持法施行細則	行政院農業委員會	建造階段
森林法	行政院農業委員會	規劃階段

法規名稱	主管機關	開發階段
促進民間參與公共建設公有土地出租及設定地上權租金優惠辦法	行政院內政部營建署	規劃階段
都市計畫法	行政院內政部營建署	規劃階段
區域計畫法	行政院內政部營建署	規劃階段
非都市土地使用管制規則	行政院內政部營建署	規劃階段
國家公園管理辦法	行政院內政部營建署	規劃階段
建築技術規則	行政院內政部營建署	建造階段
建築法	行政院內政部營建署	建造階段
促進民間參與公共建設法	行政院財政部	規劃階段
國有公用不動產收益原則	行政院財政部	規劃階段
台灣電力股份有限公司再生能源發電系統併聯技術要點	台灣電力股份有限公司	建造階段
台灣電力公司再生能源電能收購作業要點	台灣電力股份有限公司	營運階段
水污染防治法	行政院環境保護署	規劃/營運階段
水污染防治法施行細則	行政院環境保護署	規劃/營運階段
水污染防治措施及檢測申報管理辦法	行政院環境保護署	規劃/營運階段
放流水標準	行政院環境保護署	規劃/營運階段

資料來源：本團隊彙整

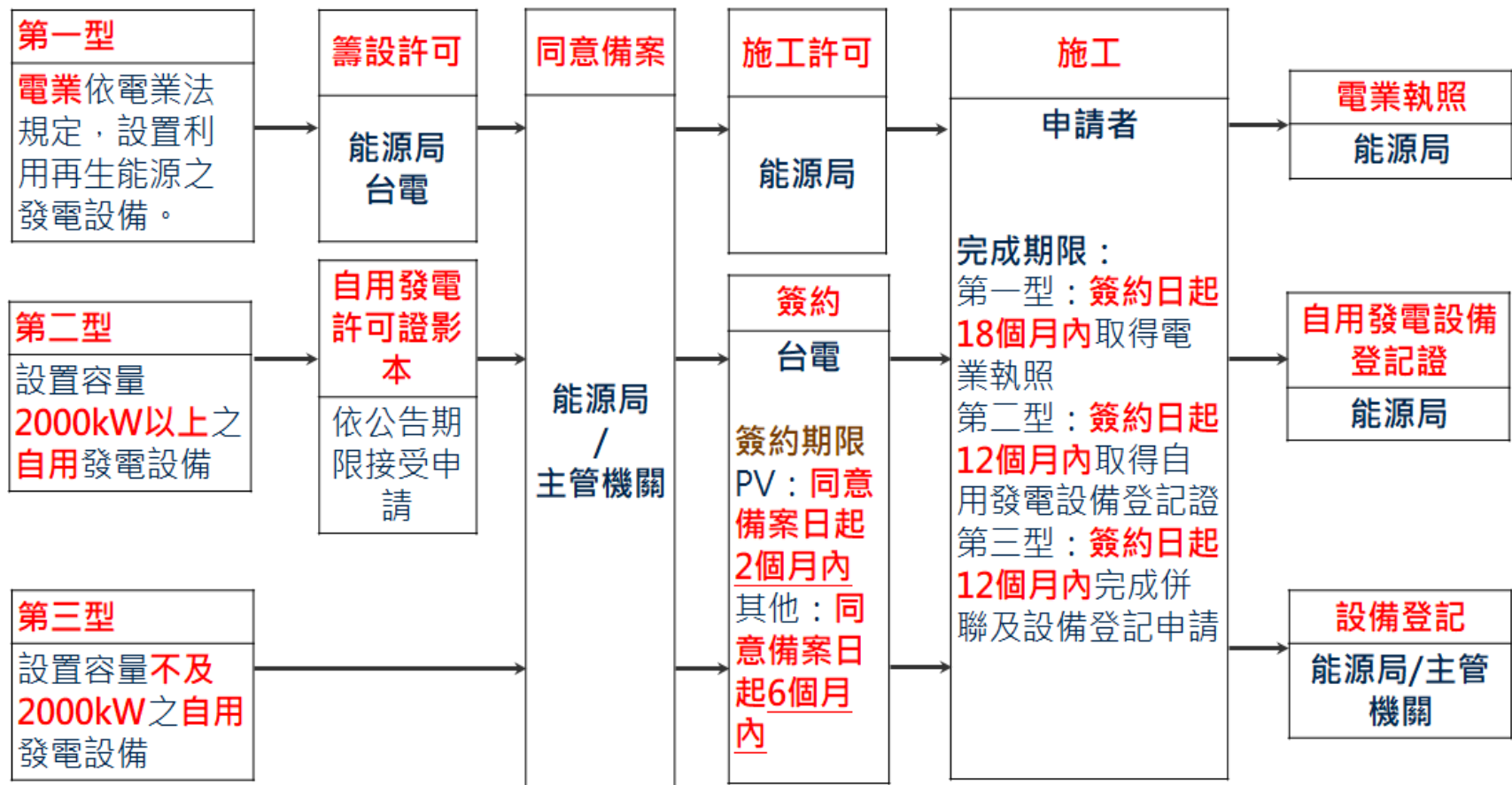
表 5-2、小水力放寬法規修法內容彙整

政府主管機關	法規名稱	修法內容	啟動年份
經濟部能源局	再生能源發展條例	利用圳路或其他水利設施，設置未達 2 萬瓩之水力發電系統，修法通過後即可適用再生能源電能躉購費率將「川流式水力」修正為「小水力發電」，現行川流式水力躉售費率為每度 2.7988 元，經修訂後小水力發電收購單價每度 2.8599 元	2019
行政院農委會	申請農業用地作業農業設施容許使用審查辦法	放寬小水力發電(非抽蓄式水力設施)申請土地容許使用與農業經營結合規定	2018
行政院內政部	非都市土地使用管制規則	放寬農牧、林業及國土保安用地比照太陽光電及風力設備將小水力發電設施納入許可使用	2018
行政院環保署	開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準	針對屬利用既有圳路或其他水利設施且裝置容量未達 2 萬瓩之小水力發電設備，可免實施環評	2018
經濟部標準檢驗局	自願性再生能源憑證實施辦法	增加再生能源發電業者及自用再生能源發電設備擁有者收入，分攤再生能源建設的高成本支出，鼓勵民間資金投入再生能源發展，促進自發性使用再生能源市場形成	2017

資料來源：本團隊彙整

5.2 台灣小水力開發主要申請程序

依據我國電業法與再生能源相關法規，水力電廠建置前，需向主管機關(中央/地方政府)提出發電執照申請，以下以適合小水力推動之第二類再生能源執行申請程序為例進行說明，依法可直接向能源局或主管機關提出申請，同意備案後，並確認是否與台電合作，並依工作許可證之內容進行施工，詳細流程，如圖 5-1，第二型再生能源設備認定應備文件，如表 5-3，供電時程甘特圖，如表 5-4。



資料來源：經濟部能源局

圖 5-1、再生能源認定與再生能源設備申請流程

表 5-3、申請再生能源設備認定應備文件(第二型)

步驟	一	二	三	四
作業名稱	工作許可證	再生能源發電設備認定	簽訂購售電契約	自用發電設備登記證
文件	1.申請書	工作許可證	1.工作許可證	1.內線圖
	2.計畫書		2.再生能源設備認定證明	2.線路分布圖
	3.土地使用說明（同意書）			3.主任技術員或技術員相關證書
	4.環評核准文件			
有效期間		認定之日起 1 年內完成併聯審查及簽訂購售電契約		簽約後 1 年須取得自用發電設備登記證，得展延每次展延期限為 6 個月（太陽光電發電設備者以 1 次為限）
法令規定	1.「自用發電設備登記規則」第 2 條及第 6 條	1.「再生能源發電設備認定辦法」第 4 條及第 5 條	1.「再生能源發電設備認定辦法」第 8 條	1.「自用發電設備登記規則」第 3 條及「再生能源發電設備認定辦法」第 8 條
	2. 設置者必須為：工礦廠商、農田水利、機關、學校、醫院	2.審查符合者，發給證明	2. 依簽約電價餘電躉售	2. 審查符合規定後，核發自用發電設備登記證
	3. 審查要件符合規定後，核發工作許可證			

資料來源：經濟部能源局

表 5-4、鳥嘴潭小水力供電時程甘特圖

鳥嘴潭小水力新造工程開發案(標租)		第一年度												第二年度												第三年度												
負責單位	項目	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
委外評估	可行性評估																																					
台水公司	內部評估																																					
	研擬標租招商文件																																					
	公開招標																																					
	審查																																					
	決標																																					
得標廠商	水權申請																																					
	台電饋線併網申請																																					
	再生能源設備申請																																					
	施工許可																																					
	基本設計																																					
	水力發電機組採購																																					
	細部設計																																					
	土木施工																																					
	機器製造與船運																																					
	配電施工																																					
	安裝及校正																																					
	試車																																					
	掛表併網																																					

烏嘴潭小水力新造工程開發案(標租)		第一年度												第二年度												第三年度																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
台水公司	確認發電量&收取回饋金																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

資料來源：本團隊評估

5.3 台灣小水力開發案件辦理方向與優劣分析

針對我國目前小水力電廠政府案件興辦實例，主要分為三大方向，分別為場域出租、自辦工程、促參(BOT)，以下分述其法規精神並將其目前國內興辦主要類型進行優劣分析，其主流办理流程與分析表詳見表 5-5 後續可作為本計畫參考方向。

- 1 場域出租：為我國經濟部水利署辦理小水力開發案目前主要興辦方式，旨於吸引民間業者可共同參與綠能開發，依據「國有公用不動產收益原則」規定，針對小水力潛力場址，透過公開標租方式，公開標租係指參照國有非公用基（房）地標租作業程序或政府採購法規定之招標及決標程序辦理，唯水利署及所屬機關經管國有土地，仍應依預定計畫及規定用途直接管理使用，不得為任何處分或擅為收益，惟經審核符合國有財產法第 28 條但書及「國有公用不動產收益原則」等相關規定，在無違背原定用途者始得辦理出租或利用。
- 2 自辦工程：針對既有水庫或堰堤水工結構物，辦理小水力發電機組新增或汰舊之辦理方式，唯考量目前我國水力發電系統(包含水輪機與高效率發電機)皆無國產化，相關計畫多屬採買國際既有發電設備，並無法促進我國綠能產業之發展與蓬勃。
- 3 促參招商：依據 2002 年 6 月 26 日修正頒佈「促進民間參與公共建設法」第 3 條 1 項 8 款規定「電業設施」項目，得由政府委託公民營事業自籌資金開發，唯民間參與公共建設先期規劃作業與報核、招商與執执行程序係依行政院公共工程委員會相關規定，其程序繁瑣且作業費時，包含須完成民間參與公共建設之各類可行性評估項目(包含市場可行性分析、技術可行性分析、財務可行性分析、土地取得可行性分析、環境影響評估，先期規劃內容，應包括興建之規劃、營運之規劃、財務規劃、土地取得規劃、政府承諾、配合事項及完成程度、時程規劃、容許民間投資附屬事業範圍規劃等)，加上小水力發電廠投資規模相對較低，故此一促參辦理方式，只用於早期水力電廠興辦方式，例如民間電廠與烏山頭電廠等，目前已少用於小水力興辦事業案件。

表 5-5、小水力政府興辦案件主要類型

	場域出租	自辦工程	促參招商
依據	國有公用不動產收益原則	採購法	促參法
案例	集集攔河堰北岸小水力、石門大圳櫻花步道段川流式水力、能高大圳東幹線、竹東圳川流式水力、甲仙堰引水路出口小水力	牡丹水庫小水力、高屏溪攔河堰川流式水力發電	名間電廠、烏山頭電廠、八田電廠
優點	作業時程較短，執行相對單純。且不增加政府財政負擔，促進產業技術發展	權責較單純	促進產業技術發展，活絡民間資金運用
缺點	設備非政府所有，租期屆滿，須回復原狀，且僅適合用高投資報酬率之場址，方具有誘因可吸引民間企業投資	須自行編列預算辦理，若非屬再生能源範疇，須具備電業相關資格	需辦理可行性評估等前置作業，所需時程較長。促參契約執行較為複雜，易生爭議。且特許期後，設備妥善率較不穩定

第6章 結論與建議

6.1 鳥嘴潭淨水場小水力發電可行性結論

1 鳥嘴潭人工湖可固定供水流量 2.5~3.762cms 之間，至鳥嘴潭淨水場之淨水頭介於 31.38~49.33m 之間，若保守估計最大設計流量 2.5cms，裝置容量預估為 727~824kW，有足夠之饋線容量，併網點亦在場區內，有極佳小水力發電潛能，場區內側門入口左側有足夠面積能建置相關發電廠房及小水力進水、退水管，因此技術性上可行。

2 本研究小水力發電預估每年發電量為 5,731~6,496MWh，各財務分析如下：

	情境一	情境二	情境三	情境四
水輪機	法蘭西斯	法蘭西斯	橫流式	橫流式
裝置容量	824	824	727	727
售電價格	3.1683	4.5	3.1683	4.5
財務分析				
回收年數	14.19	9.24	13.83	9.01
NPV	77,127	219,449	72,258	197,837
IRR	4.57%	9.72%	4.84%	10.07%

建議採用情境二或情境四，財務性上可行。

3 若朝向促參招商行政流程較複雜，作業時間較長；若朝向工程自辦，由於國內沒有成功之小水利工程自辦案例，且風險須自己承擔，因此並不建議。本案由於投資報酬率高有足夠誘因吸引民間投資，且能將風險轉移，由國內外富有小水力辦理經驗之團隊負責，因此興辦方式建議採用場域出租，針對小水力潛力場址公開標租，作業時程較短，對業主而言執行相對單純。

4 若採用場域出租公開招標，本案建議可朝 PCM 工程專案管理方式辦理，涉及之招商辦法、工程規範、維運管理辦法、自來水公司與民間維運公司整合管理辦法，可由具有經驗之組織團體協助規劃制定，如小水力大聯盟。

6.2 鳥嘴潭淨水場相關管線工程配合修正建議事項

- 1 原水進水管原路徑無須調整，但建議調整原規劃設置於穩壓塔旁之電動蝶閥及原水流量計至側門入口左側之空地，以及增加 $\varphi=1,800\text{mm}$ 預留管口以便將來小水力發電控制流量及銜接小水力進水管，如圖 3-1。
- 2 穩壓塔上原設計 $\varphi=1,350\text{mm}$ 預留管口，建議改為 $\varphi=1,800\text{mm}$ 之管徑以便銜接小水力退水管。

6.3 會議記錄及綜合意見回覆表

- 一、會議時間：110 年 03 月 19 日（星期五）下午 2 時 00 分
- 二、地點：台灣自來水公司第一會議室
- 三、出（列）席單位及人員：

1. 台灣自來水公司:總工程師、供水處、工務處、中工處、第十一區管理處
2. 台灣環境公義協會:洪正中理事長
3. 水律能源(股)公司：陳谷汎執行長、卓彥呈
4. 統包廠商: 瑞助營造(股)公司、大桂環境科技(股)公司、丰元國際科技(股)公司

表 6-1、綜合意見回覆表

單位	項次	審查意見	回覆
丰元國際科技(股)公司	1	小水力規劃技術上可行，但時機點有疑問，因鳥嘴潭淨水場有工程完工時程壓力，要採何種方式招商發包，需要業主決定，統包商都可以配合辦理。後續小水力若要改變管徑，可於規劃定稿後配合調整。	感謝指導
	2	鳥嘴潭淨水場預計 2023 年中完工出水，因為土地問題仍未解決，預計最快 7 月解決，建議設置位置盡量不要放在穩壓塔旁邊，可能會影響施工，進而影響工期。	配合意見調整設計，如圖 3-1
瑞助營造(股)公司	1	無相關意見，會議內容及決議將帶回研議。	感謝指導
大桂環境科技	1	目前鳥嘴潭淨水場已有規劃小水力發電預留管可供採用。	配合意見調整設計，如圖 3-1

單位	項次	審查意見	回覆
(股)公司			
中區工程處	1	鳥嘴潭淨水場新建工程在顧問公司規劃階段時，於淨水場側門口進來旁邊留有一處空地，供以後作為小水力發電用，建議小水力發電可行性評估計畫以該處空地為規劃地址。而鳥嘴潭淨水場新建工程考量時間成本及時程原規劃設計不變，僅於導水管留有出、入口，供將來小水力發電設備使用。並建議以公開招標出租土地方式辦理小水力發電工程。	配合意見調整設計，如圖 3-1
	2	鳥嘴潭淨水場設計出水量為 250,000CMD，建議效益分析之水量以該數值分析，俾能符合實際狀況。	參照建議修改保守估計以平均流量減一個標準差之 2.473cms(約 21.4 萬 CMD)作為取水量
	3	本計畫書之財務分析所需人力及設備係以理想狀況分析，未納入容量因數。	原已納入容量因數，扣除歲修每年發電時數以 8,400 小時作為預估，請參照表 4-11~表 4-14 之設定參數
第十一區管理處	1	小水力發電設備，招租廠商監控及儀控系統，建議可將訊號拉至於鳥嘴潭淨水場監控室內，以利本公司管理單位可提早發現異常，也可即時通知廠商進行處理；建議於設計時考量預留監控儀控等管路，可避免日後重複開挖或再架設明管。	若後日進入細部設計可進一步規劃
	2	小水力發電設備廠房，是否需要淨水場提供外部電力，若需要建議可預留電力供給管線；另對於發電後併聯台電線路，是否需要先規劃預留管線，建議納入評估。	小水力發電設備廠房之用電可規劃自發自用
	3	建議發電廠房與淨水設備保持適當距離，減少日後招租廠商施工或維護時，影響既有設備機率。P3-1，若發電廠房往圖 3-1 上方空地設置，有幾項優點： (1)穩壓塔周圍無相關設施，無影響穩壓塔日後維護。 (2)廠房區域與穩壓塔之間有道路區隔，未來招	配合意見調整設計，如圖 3-1

單位	項次	審查意見	回覆
		租土地範圍較容易劃分，權責也較明確。 (3)By Pass 管線可採"全下地"方式設計，無須遷就穩壓塔連接處管線設計，外觀較為美觀。	
工務處	1	建議以側門入口處左邊為原預留地。	配合意見調整設計，如圖 3-1
	2	計畫書內饋線地點是否為鳥嘴潭淨水廠預定地？要再確定。	P. 2-15 確定為鳥嘴潭淨水場預定地
	3	詢問過能源局申請作業程序要一年以上，需考量會不會影響時程，水權及地目用地是否要調整也要確定。自辦工程辦理過程太冗長，建議還是朝向場域出租辦理。	已將意見彙整於結論中
	4	建議製作鳥嘴潭供電時程要徑圖便於瞭解申辦流程及時間長短。	已補上表 5-4 甘特圖所示
供水處	1	P2-2，圖 2-2 是否引用外單位圖片，應註明來源。	已補上資料來源
	2	P2-11，圖 2-7 原水導水管月平均流量如何根據表 2-1 推估？	原水導水管月平均流量以表 2-1 之烏溪歷年月平均推估，將 6 月份設定為最大流量 3.762cms，12 月份設定為最低流量 2.5cms，其餘月分按比例分配推估
	3	未來鳥嘴潭淨水場供水 21 萬 CMD，圖 2-7 最高 3.76cms(約 32.5 萬 CMD)、最低流量 2.5cms 是否合理？是否影響設置發電量估算(高估)	配合意見修改設計流量保守預估 2.473cms(約 21.4 萬 CMD)作為取水量，並以 2.5cms 作為最高設計水量
	4	鳥嘴潭有豐枯水期，枯水時期原水管流量減少，是否納入考量流量評估。	參照表 4-3、表 4-4，已將豐枯水期流量納入評估

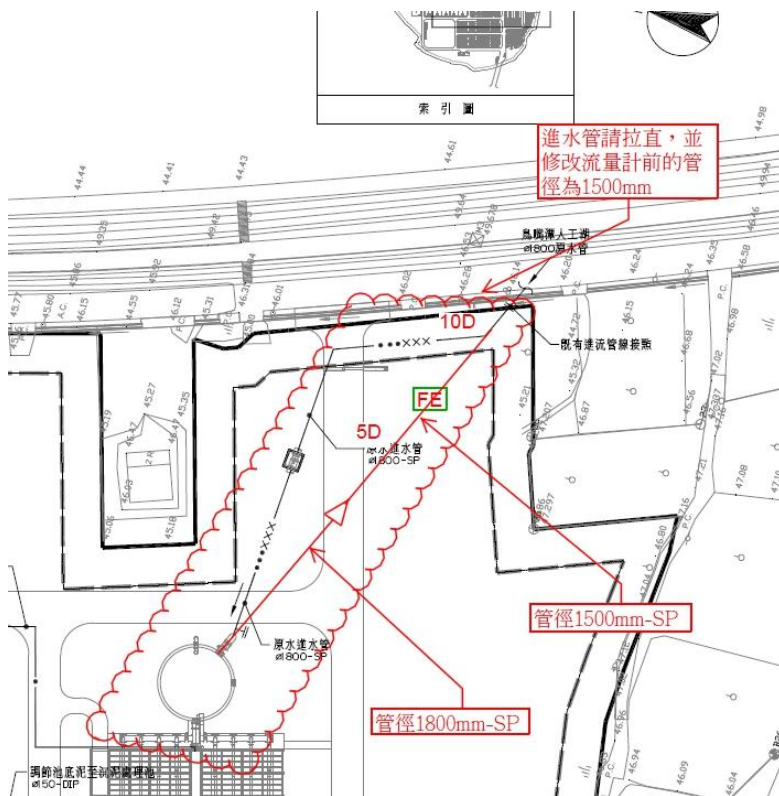
單位	項次	審查意見	回覆
	5	鳥嘴潭分階段供水，最終為 21 萬，不同階段供水是否會造成招商問題(廠商設備後期需擴增問題)。	建議以最終階段進行招商投報率較佳誘因較大
	6	P2-15、由圖 2-13 穩壓塔高程 HWL55.9，報告分析以進水管中心高程 48.25m 計算水頭差，結果產生水頭差數值放大(7m)，將高估設置容量計算。(表 4-1 計算)，建議收集穩壓塔水位變化資料，以詳實評估水頭差。	已依照建議修改水頭計算，如表 2-4、表 4-1、表 4-2、表 4-3
	7	P2-9，表 2-4，第一列終點高"層" 改高"程"。	已修正
	8	水輪機產生之水頭損耗(或剩餘水頭)，是否影響後續淨水流程效能。	高效率之水輪機產生之水頭損耗極少，並不會影響後續淨水流程效能
	9	管路閥類配置未提供建議，請納入評估。	調整如圖 3-2

6.4 審查意見(第 2 次修正版)及回覆

表 6-2、審查意見回覆表

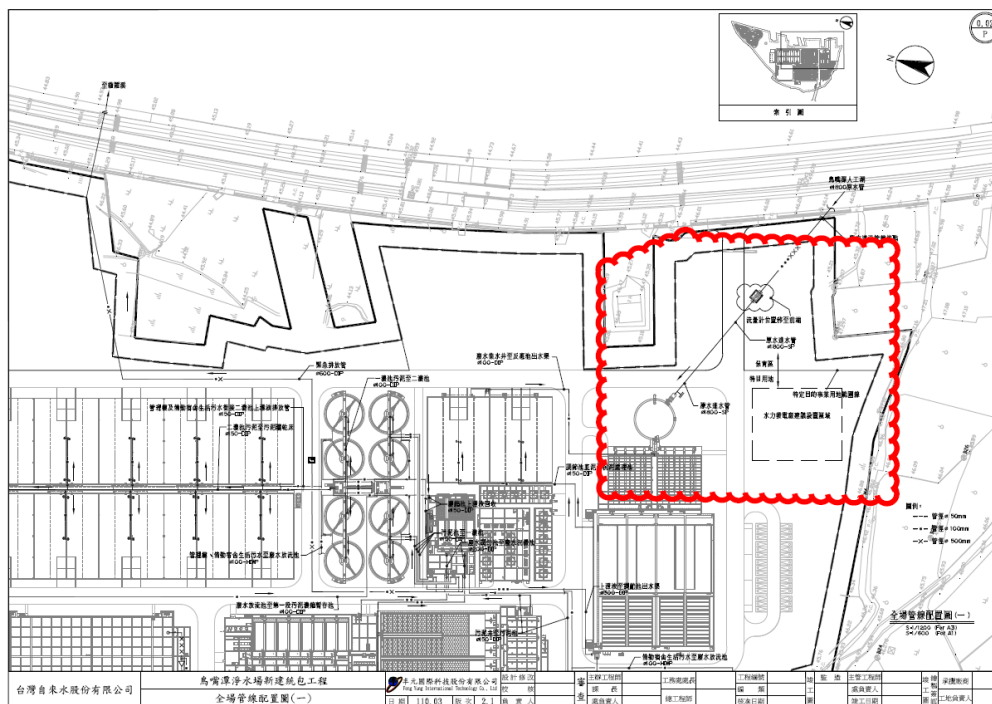
單位	項次	審查意見	回覆
大桂環境科技股份有限公司	1	1.P3-1 圖 3-1 進水管圖面有誤，應如下圖所示(詳圖 6-1)。文中...原水管上新增電動蝶閥 A，並設置 $\psi=1800\text{mm}$ 預留管，因「鳥嘴潭淨水場新建統包工程」之統包規範並無此只電動蝶閥，且預留管的口徑為 $\psi=1350\text{mm}$ ，兩者有差異，建請於項目確認後准予統包商辦理追加補償。	已修改圖 3-1 及圖 3-2，另進水及退水之預留管徑建議更改為 1800mm 之原因係若相對於原水進水管管徑縮小，流速增加，將使小水力進水管之管壓增加，若減少小水力管進流量又會降低小水力設備之發電量
丰元國際股份有限公司	1	原規畫水力發電廠預定位置位於保育區，屬不可開發區域，建議移至特定目的事業用地範圍內，詳圖 6-2。	依照建議將規畫調整至特定目的事業用地範圍內，如圖 3-2
	2	原規畫套繪之進流管線路徑為舊版資料，最新路徑詳圖 6-2。	參考最新路徑修改設計如圖 3-1 及圖 3-2

單位	項次	審查意見	回覆
	3	因為進入淨水場內之進流原水均需計量，所以水力發電進水管線取水位置需在流量計後方，避免進流量計量錯誤(已將流量計位置調整至前方，以方便水力發電進水管銜接，詳圖 6-2)。	參考目前調整位置再微調以容納預留管及電動蝶閥 A 之位置，如圖 3-1 及圖 3-2
	4	原進流管線在穩壓塔處已有設置電動閥，可利用此電動閥與水力發電進水管上的電動閥做連鎖操控，無需另外設置。	因調整設計至特目用地內，建議電動蝶閥 A 調整位置，如圖 3-1 及圖 3-2，以便順利引水至小水力發電設備處
中工處	1	依報告圖 3-2 電動蝶閥 A，原設計進穩壓塔前已設電動蝶閥，而鋼管 T 字管接 $\phi 1350$ 後水力發電廠商再依據現場及需要配置，且增設管線對統包工程廠商而言有其困難，故建議仍維持原設計。	若維持原設計後續再增設小水力發電設備更為困難，未預留 T 字管未來要不斷水將原水引出不易，建議如圖 3-1 及圖 3-2 作修改
	2	工期 3 年似乎太長。	工期內含行政流程申請程序，但各縣市政府對於小水力申請流程均有差異，此期間為保守估計
	3	原水端設置 2 個蝶閥控制水流,操作上其開度各為多少?還是一開一關?	正常小水力發電運轉狀況下全關蝶閥 A，蝶閥 B 全開



資料來源：大桂環境科技股份有限公司

圖 6-1、修正後進水管圖面



資料來源：丰元國際股份有限公司

圖 6-2、管線最新路徑及小水力電廠建議設置區域