

引用河水的潮汐發電法

A tidal power generation method with water from rivers

卓胡誼 黃文川
Yi Jwo-Hwu Wen-Chwan Hwang

崑山科技大學電機系
Department of Electrical Engineering
Kun Shan University

摘要

本文提出一種引用河水的潮汐發電法，其特徵係於滿潮時段將河水引入潮池中，使潮池水位增加，待低潮時，使發電量增加。

關鍵字：潮汐發電、再生能源

Abstract

This paper proposes a tidal power generation method with the water from rivers. The river drains into the tidal power basin at the flood tide period in order to increase the water level inside the tidal power basin. Then the water from the tidal power basin is led into the sea to generate electricity at the ebb tide period. By doing so, the power generation capacity will be increased. This generation method is superior in generating capacity to traditional methods.

Key words : Tidal power; Renewable energy

壹、研究背景與動機

依據統計，台灣的降雨約有 60% 直接經由河流迅速流入海洋，約有 25% 被土壤吸收最後成為地下水，只有 15% 被人類使用。因此，雖然雨量充足，但是河流短且坡度陡，使雨水迅速流入海洋，才會造成台灣產生缺水的問題。為了解決淡水供應的問題，行政院在新十大建設第十項即為「平地水庫海淡廠」，預計分別在桃園、雲林、台南以及高屏以開挖方式興建共計 2000 公頃，相當於 2.5 個日月潭，或相當於 18 個澄清湖的平地水庫，並將在離島等地興建數座海水淡化廠，預計於 93~97 年度，政府與民間共將投入約 500 億元的經費，希望能解決台灣淡水供應的問題。不過，平地水庫只有儲存的功能，卻沒有發電的功能；而海水淡化廠也必須消耗龐大的能源。因此，投入的 500 億元經費，在如何回收上，恐怕不無問題。若能找到兼具大量儲存淡水，同時又能發電的方法，想必更能符合需求。本文的研究目的與動機，就是希望能夠提出一個兼具大量儲存淡水，同時又能發電，非常值得考慮採用的方案。

另一方面，石油，天然氣，煤等消耗性能源日益枯竭，因此，開發再生能源顯得非常重要。尤其，在最近幾個月內，原油價格由每桶 32 美元急速飆升到每桶 52 美元，漲幅超過六成，各項物價並隨之上漲，

似乎有演變成第三次能源危機的態勢，再生能源的研發也因而更為迫切。此外，京都議定書的通過造成全球二氧化碳等溫室氣體排放量管制的壓力，也使低污染的再生能源研發工作愈來愈受重視。

為了提高再生能源的供應量，英國計畫投入 500 萬英鎊(約相當於三億一千萬新台幣)於歐克尼島成立歐洲海洋能源中心，專門研究波浪能與潮汐能，期望能將四面環海的英國所擁有的海洋能充分開發利用。台灣自產能源嚴重不足，97% 的能源都仰賴進口，所幸台灣與英國一樣，是一個四面環海的島嶼，擁有開發海洋能的優勢。所以，若能充分開發台灣的海洋能資源，想必能夠紓緩台灣提高再生能源供應量的壓力。因此，作者幾年前便已積極投入海洋能的研發，雖然目前已經獲准四件潮汐能方面的發明專利，不過，因為台灣海域的潮差較小，造成先天條件的限制，使得政府目前在提高再生能源的供應量方面，捨棄海洋能而著重於生質能、風能與太陽能。不過，生質能成本仍較傳統火力發電為高，至於風能則因不夠穩定，不宜擔任基載電廠，而太陽能也還太過昂貴。

因此，對於如何能夠迅速提高再生能源供應量的問題，恐怕必須另謀出路。雖然水力發電是目前所有再生能源中，技術最成熟、污染最少、成本最低、最穩定，也最適合擔任基載電廠的方案，可惜台灣地區可供開發水力發電的地點，幾乎都已被開發完了，若能找出其他可大量開發水力發電的方法，想必更能符合需求。本文的研究目的與動機，就是希望能夠提出一個可大量開發水力發電，非常值得考慮採用的方案。

貳、先前技術

一、有關淡水供給的先前技術

目前常用的方法有兩種：第一種是在河川中游或上游建造水庫，此一方式雖然有可以大量儲存的優點，但其主要的缺點為：(a) 建造水庫往往遭到當地民眾的抗爭。(b) 如果降雨不在水庫的集水區，則不管雨勢多大都沒有用。(c) 阻斷原河川的泥沙，造成水庫本身淤積失效，並阻斷河川生態。(d) 對水庫下游民眾生命財產的安全造成威脅。

第二種是在河川旁建造抽水站與自來水廠，此一方式雖然較少抗爭，有效集水區也較大，但是其主要的缺點則為：只能抽取固定的水量，卻幾乎沒有大量儲存的功能。

雖然各地淡水供應狀況受到雨量、河流、地形等許多因素影響而有所不同，但是共同的問題在於：無法趕在雨水流入海洋之前，有效加以儲存。

二、有關潮汐發電相關的先前技術

(一)、間接潮汐發電之裝置

中華民國新型專利第七二二六五一六號申請案提出的間接潮汐發電之裝置，主要是以活塞、連桿、缸體等裝置，利用潮差將海水抽吸到水庫儲存，最後使水庫內的海水經由水輪發電機流向外部海域來進行發電。缺點為大多數地區一天只有兩次低潮與滿潮，換句話說，一天只能抽水四次，所能抽取的水量有限，而且必須另外修築水庫，故成本高昂，目前仍無任何被採用的紀錄。

(二) 傳統潮汐發電法

目前最常被採用的潮汐發電技術是以堤壩於岸邊圍成潮池，並於堤壩底部裝設控制閘門與水輪發電機組，在低潮與滿潮時利用潮池內外的水位差來進行發電，而在低潮與滿潮時的發電量相同。傳統潮汐發電法的主要缺點為如果低潮或滿潮時段其中之一恰好為用電的離峰時段，則所產生的電力將反而使電力過剩的問題更嚴重，而且離峰電價較低，將會使收益降低，成本提高。

(三)低潮發電法

為了改進傳統潮汐發電法的缺點，作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 131050 號『低潮發電法』，提出一種可以將用電離峰時段的發電量轉移到用電尖峰時段的潮汐發電技術，由例題顯示，可以使尖峰時段的發電能力增加 35%，因為尖峰電價高於離峰電價，故可提高收益。不過，可惜的是：如果發電箱的容積與傳統潮汐發電的潮池容積相同，那麼，雖然低潮發電法在用電尖峰時段的發電量比傳統潮汐發電法多，但是，低潮發電法的總發電量卻是少於傳統潮汐發電法的。

(四) 可較傳統潮汐發電產生較多發電量的潮汐發電法

為了使總發電量能較傳統潮汐發電為多，作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 205679 號，將發明第 131050 號專利再改良，其特徵在於：發電箱包含儲水槽、浮力室與發電機室，利用閘門操作，使在滿潮時，發電箱內之水位高於滿潮水位，以增加發電量，俾使總發電量較傳統潮汐發電為多，由例題顯示，可以使總發電量增加 76%。不過，台灣地區潮差小，本島約在 2~4 公尺，金門、馬祖等外島也只能達到約 5~6 公尺，而即使全球潮差最大的地區也只能達到十幾公尺，因而使發電量嚴重受限。

(五)雙向發電加低潮抽水的潮汐發電法

為了使總發電量能較傳統潮汐發電為多，作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 205684 號將發明第 131050 號專利再改良，其特徵係假設滿潮時恰為用電尖峰時段，低潮時恰為用電離峰時段之發電方法，在低潮時發電，待潮池內外水位等高時，改以抽水機將潮池抽乾，待滿潮時，其發電量可增加，致使總發電量較傳統潮汐發電為多，由例題顯示，可以使總發電量增加為傳統潮汐發電量的 2.5 倍，亦即使總發電量

增加 150%。然而，即使在全球潮差最大的地區，其潮差也只能達到十幾公尺，因而使發電量嚴重受限。

(六) 可在現有潮池內增加發電量的潮汐發電法

為了使總發電量能較傳統潮汐發電為多，作者先前的研究獲准中華民國發明專利第 204857 號將發明第 131050 號專利再改良，其特徵在於：首創將液體浮力轉換為水位差的技術，可以使發電量大幅提升，以浮力箱之操作增加滿潮時潮池內之水位，待低潮時使發電量增加，俾使總發電量較傳統潮汐發電為多，由例題顯示，可以使總發電量增加 30%。然而，即使在全球潮差最大的地區，其潮差也只能達到十幾公尺，因而使發電量嚴重受限。

雖然作者先前的研究在潮汐發電方面投入了許多時間與精力，也首創將液體浮力轉換為水位差的技術，可以使發電量大幅提升，但是受到潮汐發電先天的限制，即使在全球潮差最大的地區，其潮差也只能達到十幾公尺，而在台灣本島潮差約在 2~4 公尺，金門、馬祖等外島潮差也只能達到約 5~6 公尺，再加上在一天 24 小時中，潮汐發電的可發電時段大約只有 5~6 小時而已，至於其他的 18~19 小時潮汐發電廠則處於閒置狀態，因而使發電量嚴重受限。

參、引用河水的潮汐發電法

一、基本構想

傳統潮汐發電法最主要的缺點為潮差太小，因為即使在全球潮差最大的地區，其潮差也只能達到十幾公尺而已，造成先天條件的限制，嚴重阻礙潮汐發電的發展。此外，利用率太低也是一大缺點，因為潮汐發電的可發電時段幾乎只集中於低潮時段與滿潮時段，換句話說，在一天 24 小時中，潮汐發電的可發電時段大約只有 5~6 小時而已，至於其他的 18~19 小時潮汐發電廠則處於閒置狀態。若能使落差大幅增加至數十公尺，甚至達到數百公尺，並使可發電時段延長為 24 小時，將是非常重大的突破。另一方面，在有淡水供應問題的地區，若能使龐大的潮池改為儲存淡水而非海水，則相當於多了一座水庫，可以協助解決淡水供應的問題。

本文提出一種引用河水的潮汐發電法，可以有效解決傳統潮汐發電法落差太小，利用率太低，以及淡水供應的問題。

本文所提出之引用河水的潮汐發電法，係將水庫與潮池結合，建造在海邊，以引水管路將部分河水導入潮池中，再於需要時，將潮池中的淡水抽送到自來水廠。此一方式的優點如下：(a) 潮池建造在海邊，因為沒有遷村、限制開發、下游淹水等問題，所以幾乎不會遭到民眾的抗爭。(b) 在河川中、下游引水，可以使有效的集水區擴大，則幾乎大部分的降雨都能被收集。(c) 潮池容積可以非常大，具有大量儲存的功能。(d) 潮池中多餘的淡水可直接排入海中，與原本河川的淡水流入海中的情況相似，而河川原本的泥沙淤積仍由原河川的水路進行，不因建造於海邊的潮池而遭到攔阻，與現有的陸上水庫(阻斷原河川的泥沙，造成水庫本身淤積失

效，並阻斷河川生態)比較，對河川及海洋生態的影響較小。

二、符號說明

- 81: 堤壩
- 82: 潮池內外水域之間的控制閘門
- 83: 水輪發電機組
- 84: 抽水機組
- 85: 滿潮線(實線表示當時為滿潮時段，虛線表示當時為低潮時段)
- 86: 低潮線(實線表示當時為低潮時段，虛線表示當時為滿潮時段)
- 87: 水底的地面
- 88: 潮池內的水位
- 89: 河流
- 90: 引水口控制閘門及相關引水設施
- 91: 引水管路
- 92: 注水口控制閘門
- 93: 原出海口
- 94: 抽水口控制閘門
- 95: 抽水管路
- 96: 自來水廠
- 97: 潮池
- 98: 平均海平面
- 99: 水庫
- 100: 海岸線

三、詳細說明

本文所提出之引用河水的潮汐發電法其剖面示意圖如圖一所示，河流(89)發源於高山，愈往海邊其高度逐漸降低，最後由原出海口(93)注入海洋。若於河流(89)上游建造水庫(99)，則集水區範圍小，且阻斷河川生態，對下游民眾的安全也可能構成威脅。

在河流(89)具有相當海拔處設置引水口控制閘門及相關引水設施(90)，將部份河水經由引水管路(91)，以及注水口控制閘門(92)引到潮池(97)中。

需設計使注水口控制閘門(92)的高度低於引水口控制閘門及相關引水設施(90)，以提供河水流經引水管路(91)所需之磨擦造成的水頭損失。

潮池(97)建於海邊，由堤壩(81)圍築而成，若選擇具有懸崖峭壁地形的海邊，配合開挖方式建築潮池(97)，將可節省成本，並提供建築砂石。

因為台灣河流短且坡度陡，所以引水管路(91)不需要太長就可以使引水口控制閘門及相關引水設施(90)與平均海平面(98)之間的落差達到數十公尺、甚至數百公尺，則經過蓄水後，將可使潮池內的水位(88)比平均海平面(98)高數十公尺、甚至數百公尺，使水由潮池(97)經由潮池內外水域之間的控制閘門(82)流入大海，推動

水輪發電機組(83)發電，因為落差遠高於傳統潮汐發電的落差，將可使發電量大幅增加。

若選擇於低潮時段發電，則因為低潮線(86)低於平均海平面(98)，將可使有效落差更大，使發電量再增加。

如果引水口控制閘門及相關引水設施(90)與注水口控制閘門(92)之間的落差很大，還可以在注水口控制閘門(92)加裝水輪發電機組(83)，增加發電量。

如果一直保持使潮池內的水位(88)高於海平面，則可以使潮池(97)內的水保持為淡水，使潮池兼具有儲存淡水的功能。

於潮池(97)適當位置設置抽水機組(84)與抽水口控制閘門(94)，可將潮池(97)內儲存的淡水經抽水管路(95)送到自來水廠(96)，供應民生、工業與農業等用水。

若引到潮池(97)的水為河流(89)流量的10%，則對河流(89)的生態影響微乎其微，但是，因為河水約佔降雨量的60%，故引到潮池(97)的水約佔降雨量的6%，因為台灣的降雨原本約只有15%被人類使用，所以，採用上述方式，將使台灣的淡水供應量增加40%(由降雨量的15%提高到15%+6%=21%)，可以有效解決淡水供應的問題。

圖二為本文所提出之引用河水的潮汐發電法的鳥瞰示意圖。因為通常河流(89)原出海口(93)地勢低，土質軟，若能沿著海岸線(100)選擇其他具有懸崖峭壁地形的海邊，配合開挖方式建築潮池(97)，將可節省成本，並提供建築砂石。值得特別注意的是：由圖二可以清楚看出，潮池(97)的蓄水與河流(89)下游的排水完全無關(說明：本案曾經向行政院建議採用，行政院交由經濟部能源局辦理，經濟部能源局轉請台電公司進行評估，台電公司的評估報告竟然以本文所提出之引用河水的潮汐發電法，當潮池(97)蓄水後會影響河流(89)下游的排水為理由而拒絕採用，事實上，由圖二可以清楚看出，潮池(97)的蓄水與河流(89)下游的排水完全無關，台電公司以草率的評估拒絕採用，實在令人扼腕)。

肆、實施方式

一、實施例一:低潮發電模式

步驟一:將潮池內外水域之間的控制閘門(82)關閉，再將引水口控制閘門及相關引水設施(90)與注水口控制閘門(92)開啟，將河水引到潮池(97)中儲存。

步驟二:低潮時，將潮池內外水域之間的控制閘門(82)開啟，使水由潮池(97)經由潮池內外水域之間的控制閘門(82)流入大海，推動水輪發電機組(83)發電。

步驟三:控制進水量與出水量，使發電持續。

步驟四:不再發電時，回到步驟一，繼續蓄水。

此模式只在低潮時發電可得最大落差，使發電量增加，但若在低潮時段因發電將潮池(97)內的水用完或用掉大部分，則蓄水時間短，對淡水供應較不利，比較適合潮差較大、較不缺水的地區。

二、實施例二:川流發電模式

步驟一:將潮池內外水域之間的控制閘門(82)關閉，再將引水口控制閘門及相關引水設施(90)與注水口控制閘門(92)開啟，將河水引到潮池(97)中儲存。

步驟二:當潮池內的水位(88)達到設計的水位，將潮池內外水域之間的控制閘門(82)開啟，使水由潮池(97)經由潮池內外水域之間的控制閘門(82)流入大海，推動水輪發電機組(83)發電。

步驟三:控制進水量與出水量,使發電持續。

步驟四:不再發電時,回到步驟一,繼續蓄水。

此模式如果保持使進水量等於出水量,則可以一直保持在較大落差,使發電量增加,但用於發電的水量較少,不過發電與蓄水的時間長,可以二十四小時都在發電與蓄水,對淡水供應較有利,比較適合潮差較小或嚴重缺水的地區。

三、實施例三:尖峰發電模式

步驟一:將潮池內外水域之間的控制閘門(82)關閉,再將引水口控制閘門及相關引水設施(90)與注水口控制閘門(92)開啟,將河水引到潮池(97)中儲存。

步驟二:當到達用電尖峰時段時,將潮池內外水域之間的控制閘門(82)開啟,使水由潮池(97)經由潮池內外水域之間的控制閘門(82)流入大海,推動水輪發電機組(83)發電。

步驟三:控制進水量與出水量,使發電持續。

步驟四:不再發電時,回到步驟一,繼續蓄水。

此模式只在用電尖峰時段發電,因為尖峰電價較高,故可增加收益,但若在用電尖峰時段因發電將潮池(97)內的水用完或用掉大部分,則蓄水時間短,對淡水供應較不利,比較適合尖峰電力不足、較不缺水的地區。

伍、結論

雖然台灣地區可供開發水力發電的地點,幾乎都已被開發完了,但是,本文找到另一種可大量開發水力發電的方法。本研究將中華民國發明專利第 131050 號、中華民國發明專利第 204857 號、中華民國發明專利第 205684 號,以及中華民國發明專利第 205679 號加以再改良,若與行政院規劃中的新十大建設第十項「平地水庫海淡廠」相較,因為平地水庫只有儲存的功能,卻沒有發電的功能;而海水淡化廠也必須消耗龐大的能源,恐怕會使投入的 500 億元經費在如何回收上發生問題。反觀本文所提出「引用河水的潮汐發電法」,不但不會消耗能源,反而還能發電,將可確保所投入經費可以悉數回收。此外,英國、日本、新加坡等島嶼型國家也適用此一方法,也同樣有淡水供應與京都議定書的壓力。因為本文相關內容已經申請專利,將可主張優先權向英國、日本、新加坡等國申請專利,非常歡迎相關產業洽談合作相關事宜。

茲將本文所提出之引用河水的潮汐發電法的優點整理如下:

第一、與傳統潮汐發電比較,可以使水位差由數公尺大幅提高為數十公尺,甚至數百公尺,可以使發電量大幅增加。

第二、與傳統潮汐發電比較,可以使發電時段由每天 5~6 小時,延長為 24 小時,可以使發電量大幅增加。

第三、與傳統潮汐發電比較,可以使龐大的潮池由儲存不能飲用的海水,改為儲存可以飲用的淡水,等於增加一座水庫,協助解決缺水問題。

第四、與現有的陸上水庫比較,不影響河川生態,沒有人畜搬遷問題,不會對民眾生命財產造成威脅,集水區也較大。

第五、與抽水站比較,有大量儲水的功能。

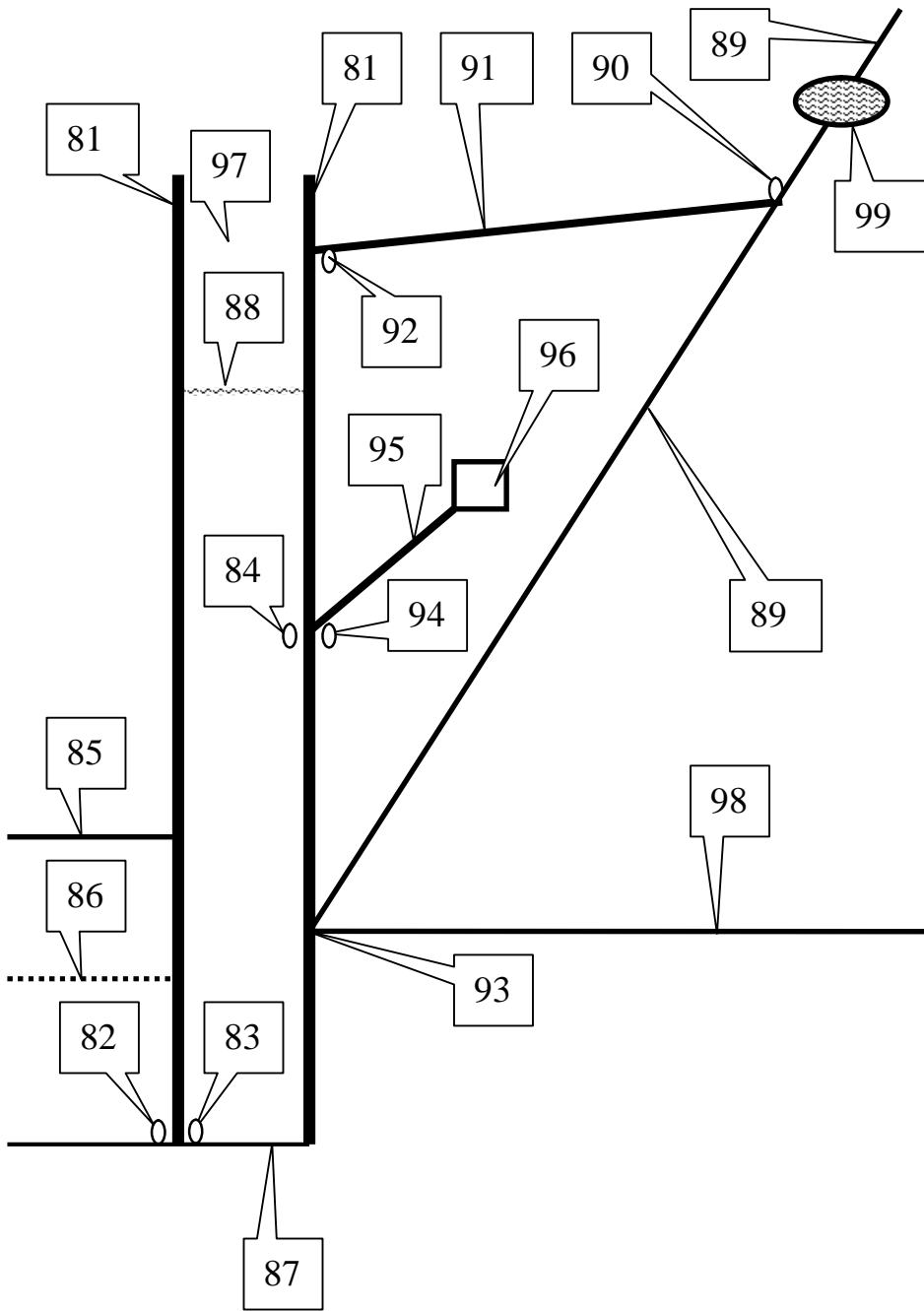
第六、與其他發電方式比較,技術成熟、污染少、成本低、穩定,適合擔任基載電廠,不需自國外進口,自主性高。

第七、不排放二氧化碳等溫室氣體,是因應京都議定書的最佳方案。

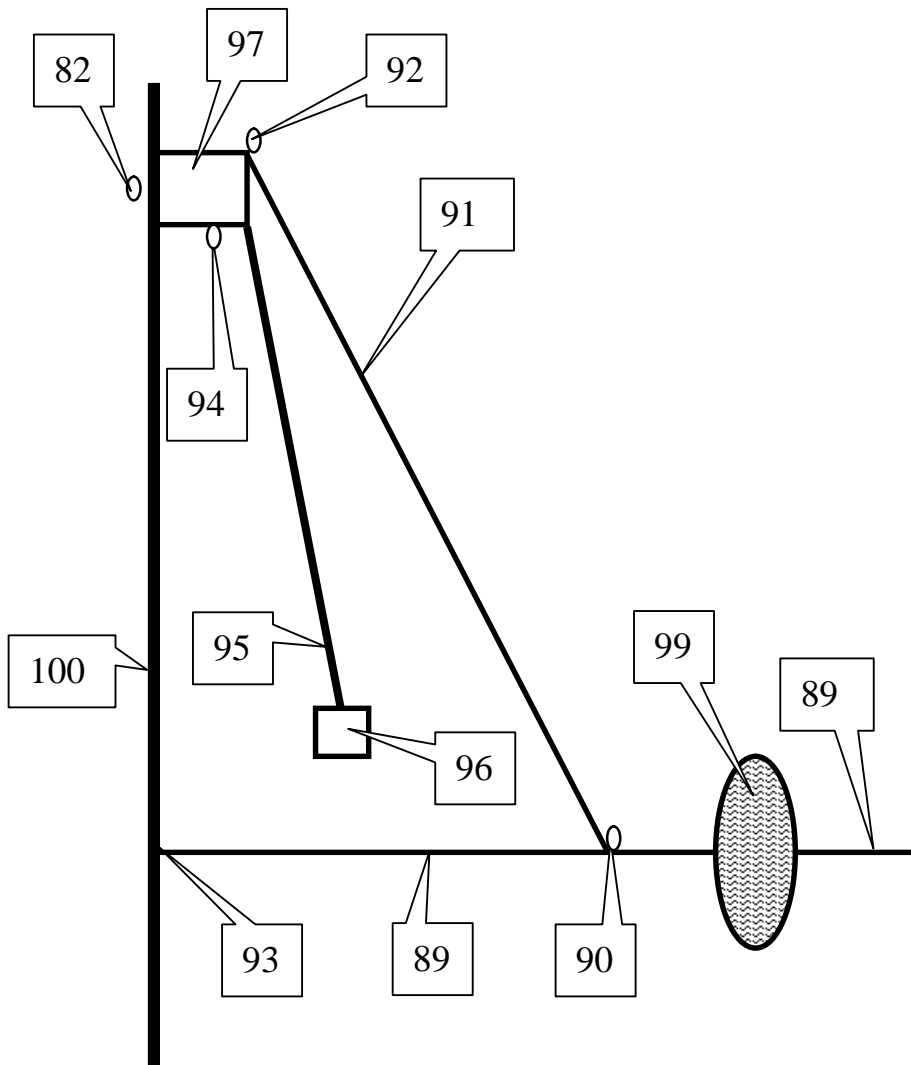
第八、與行政院規劃中的新十大建設第十項「平地水庫海淡廠」比較,除了供應淡水之外,不但不消耗能源,相反的,還能提供電力,不但會增加國庫的負擔,相反的,還能有助於增加國庫收入。

陸、參考文獻

- [1] L. B. Bernshtein, "Tidal power development – A realistic, justifiable and topical problem of today", IEEE Trans on Energy Conversion, Vol. 10, No. 3, pp. 591-599, 1995.
- [2] R. J. Fostiak and H. R. Davis, "Electrical features of the rocky mountain pumped-storage project", IEEE Trans on Energy Conversion, Vol. 9, No. 1, pp. 206-213, 1994.
- [3] L. B. Bernshtein, "Tidal power plants in Russia", IEEE Power Engineering Review, pp.18-19, 1994.
- [4] Derek Lovejoy, "Some current trends in renewable energy for developing countries", Renewable Energy, Vol. 5, Part I, pp. 215-224, 1994.
- [5] Michael Jefferson, "Global prospects for renewable energy", Renewable Energy, Vol. 5, Part I, pp. 5-11, 1994.
- [6] T. J. Hammons, "Tidal power", Proceedings of The IEEE, Vol. 81, No. 3, pp.419-435, 1993.
- [7] J. P. Frau, "Tidal energy: promising projects La Rance, a successful industrial-scale experiment", IEEE Trans on Energy Conversion, Vol. 8, No. 3, pp. 552-558, 1993.
- [8] D. M. Parker, "Environmental implications of tidal power generation", IEE Proceedings-A, Vol. 140, No. 1, pp. 71-75, 1993.
- [9] R. Ramakumar, Nicholas G. Butler, Alonso P. Rodriguez and S. (Mani) S. Venkata, "Economic aspects of advanced energy technologies", Proceedings of the IEEE, Vol. 81, No. 3, pp. 318-331, 1993.
- [10] T. J. Hammons and A. G. Geddes, "Assessment of alternative energy sources for generation of electricity in the UK following privatization of the electricity supply industry", IEEE Trans on Energy Conversion, Vol. 5, No. 4, pp. 609-615, 1990.
- [11] A. C. Baker, "Tidal power", IEE Proceedings-A, Vol. 134, No. 5, pp. 392-398, 1987.
- [12] D. Prandle, "Simple theory for designing tidal power schemes", Adv. Water Resources, Vol. 7, pp. 21-27, 1984
- [13] Yi Jwo-Hwu, "Electric power generation at the ebb tide", Electric Power Systems Research, Vol. 48, pp. 31-35, 1998.
- [14] Yi Jwo-Hwu, "Electric power generation at the flood tide", Journal of Technology, Vol.15, No.4, pp.589-594, 2000.
- [15] Yi Jwo-Hwu, "Electric power generation in the peak period part I: single material", Proceeding of the 19th symposium on electrical power engineering, pp. 269-273, 1998.
- [16] Yi Jwo-Hwu, "Electric power generation in the peak period part II: two materials", Proceeding of the 19th symposium on electrical power engineering, pp. 942-946, 1998.
- [17] A. C. Baker, "Tidal power", IEE Energy Series 5.
- [18] 邱文壯,"間接潮汐發電之裝置", 中華民國新型專利第七二二六五一六號申請案,1983.
- [19] 卓胡誼,"低潮發電法", 中華民國發明專利第 131050 號,2001.
- [20] 卓胡誼,"可在現有潮池內增加發電量的潮汐發電法", 中華民國發明專利第 204857 號, 2004.
- [21] 卓胡誼,"雙向發電加低潮抽水的潮汐發電法", 中華民國發明專利第 205684 號, 2004.
- [22] 卓胡誼,"可較傳統潮汐發電產生較多發電量的潮汐發電法", 中華民國發明專利第 205679 號, 2004.



圖一引用河水的潮汐發電法剖面示意圖



圖二引用河水的潮汐發電法鳥瞰示意圖