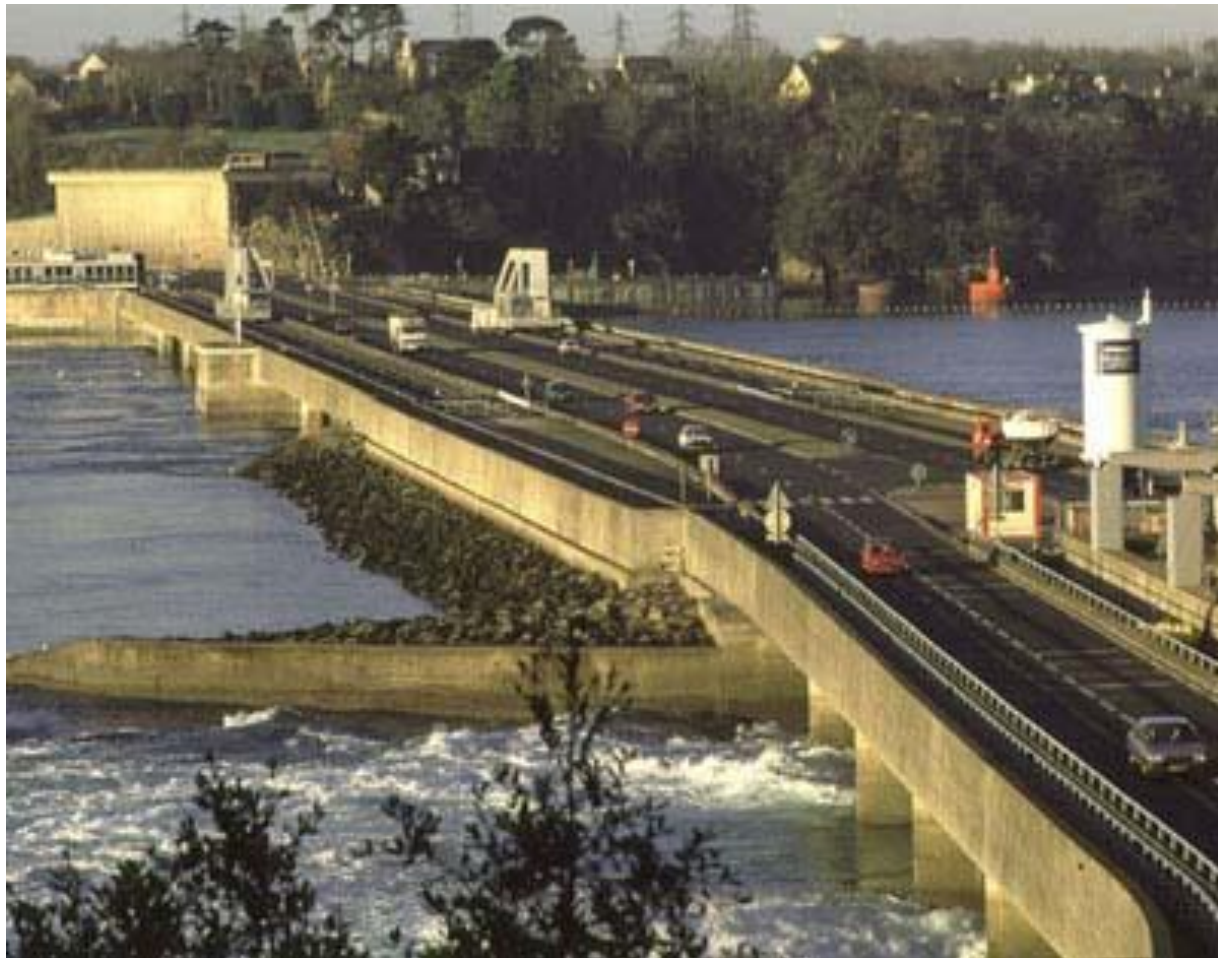


潮汐能及海流能

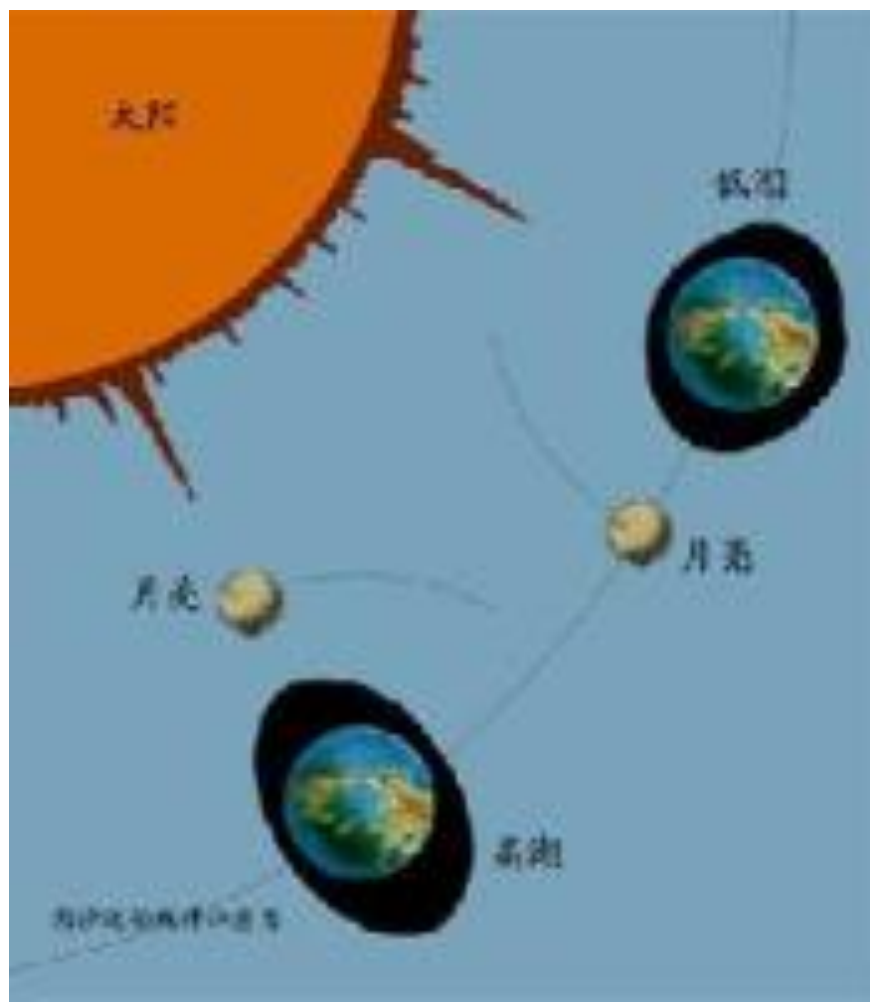
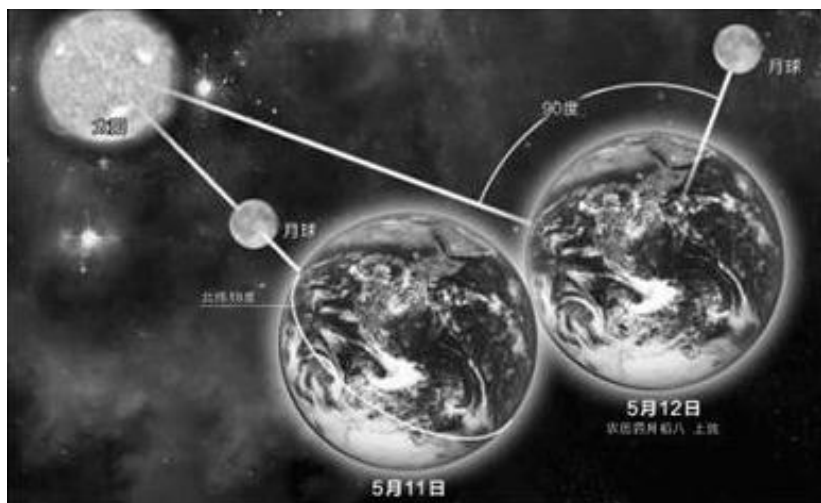
- 人類使用潮汐能源由來已久。
- 11世紀的英國和法國裝設小型潮力碾穀機來碾玉米。
- 近代法國的La Rance的240MW潮汐發電計畫，在河口修築一道長長的水閘，透過水閘當中的球型渦輪機來發電。



第一節 潮水之力與能

- 因為太陽、月亮與地球之間的萬有引力與地球自轉的運動使得海洋水位形成高低變化，這種高低變化，稱之為潮汐。
- 月亮的引力使地球的向月面和背月面的水位升高。由於地球的旋轉，這種水位的上升以週期為12h25min 和振幅小於1m的深海波浪形式由東向西傳播。
- 太陽引力的與月球相似，但作用力小些，其週期為12h。
- 地球的自轉也是產生潮汐的原因。
- 由於月亮與太陽的引力，對地球海洋的影響，造成海水水位每天2次的變動。潮汐導致海水平面呈現週期性的拉升與降落。

- 每個月在滿月和新月時，太陽-地球-月亮排成一直線，由於引力的累加作用，產生的潮汐較大，稱為**大潮(春潮)**。
- 當太陽-地球-月亮排成一直角，引力較小，稱為**小潮**。
- 每個月會經歷一次**大潮**和一次**小潮**。



潮水之力與能

- 就萬有引力計算，**月球**之最大引潮力可使海水面升高0.563m，**太陽**的引潮力則達0.246m。
- 大陸**杭州灣**的最大潮差達8.93m
- 加拿大**芬地灣**最大潮差更達19.6m
- **潮汐能**的能量與**潮量**和**潮差**成正比，或者說，與潮差的平方和水庫的面積成正比。
- 與水力發電相比，潮汐能的能量密度**很低**，相當於低水頭發電的水準。世界上潮差的較大值約為13~15m，但一般說來，平均潮差在3m 以上就有實際應用價值。

潮水之力與能

- 潮能與潮力：潮差為H 的潮汐所蘊藏的能量與在週期T內的力量。

式中A為平均斷面積，g 為重力常數，密度 ρ

$$\text{理想的潮能} = \rho g \bar{A}$$

$$\text{理想的潮力} = \frac{\rho g \bar{A} H^2}{T}$$

潮水之力與能

理想的潮能 = $\rho g \bar{A}$

理想的潮力 = $\frac{\rho g \bar{A} H^2}{T}$

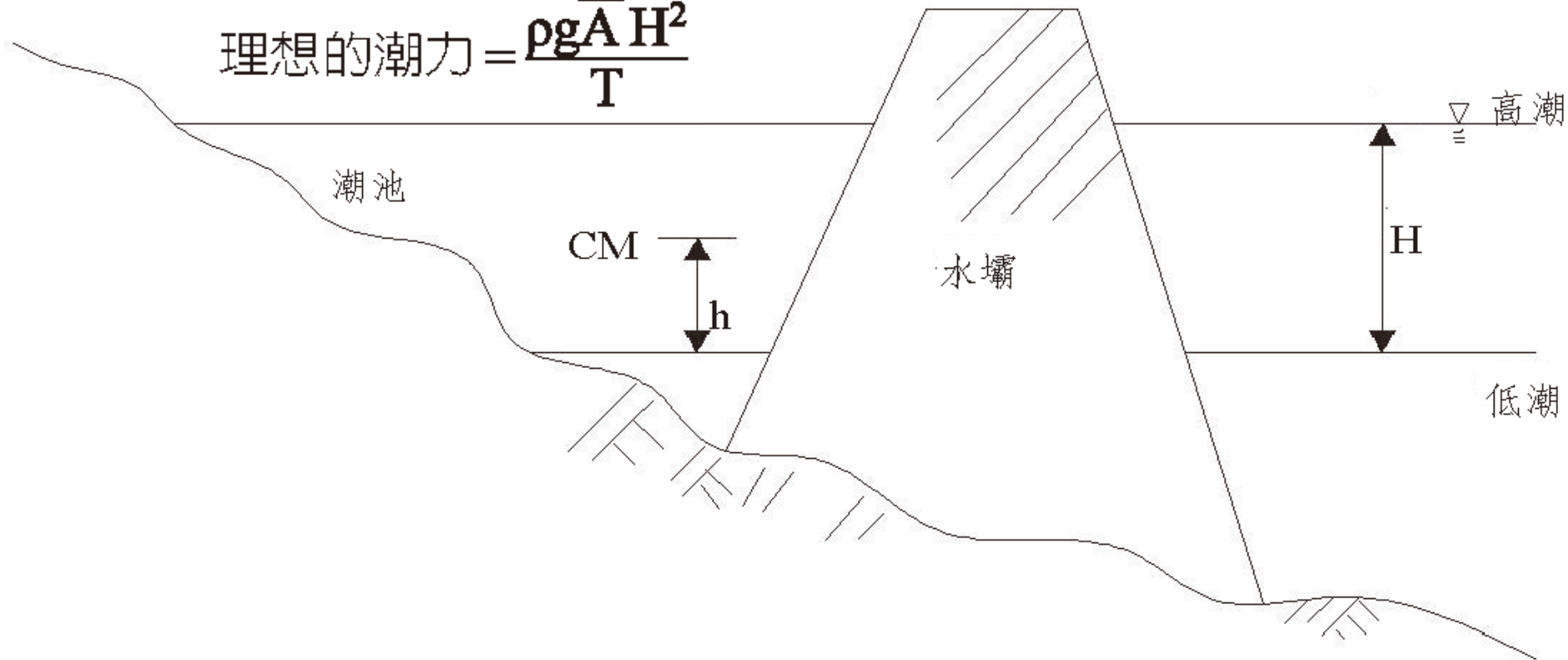


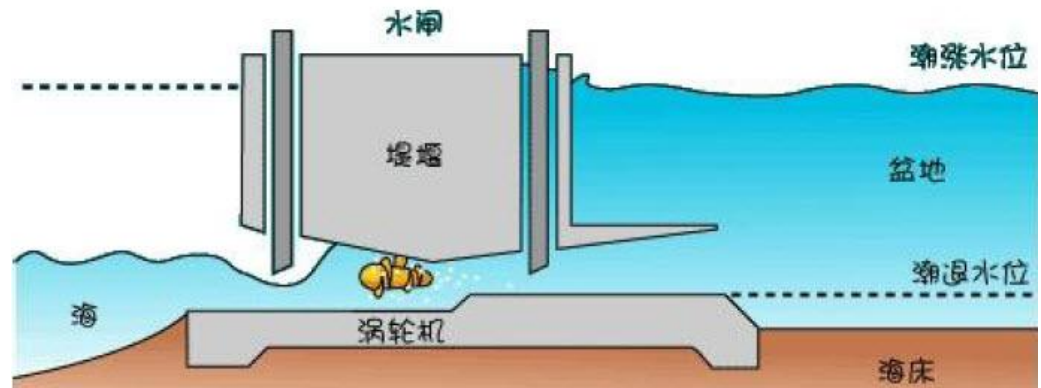
圖 9.2 潮汐所蘊藏的能量

潮汐發電

- 潮汐發電就是利用漲潮與退潮高低變化來發電，與水力發電原理類似。當漲潮時海水自外流入，推動水輪機產生動力發電，退潮時海水退回大海，再一次推動水輪機發電。
- 潮汐發電就是利用潮汐能的一種重要方式。據初步估計，全世界潮汐能約有10億多千瓦，每年可發電2~3萬億千瓦時。
- 世界著名的大潮區是英吉利海峽，那裡最高潮差為14.6米，大西洋沿岸的潮差也達4~7.4米。中國大陸杭州灣“錢塘潮”的潮差達9米。

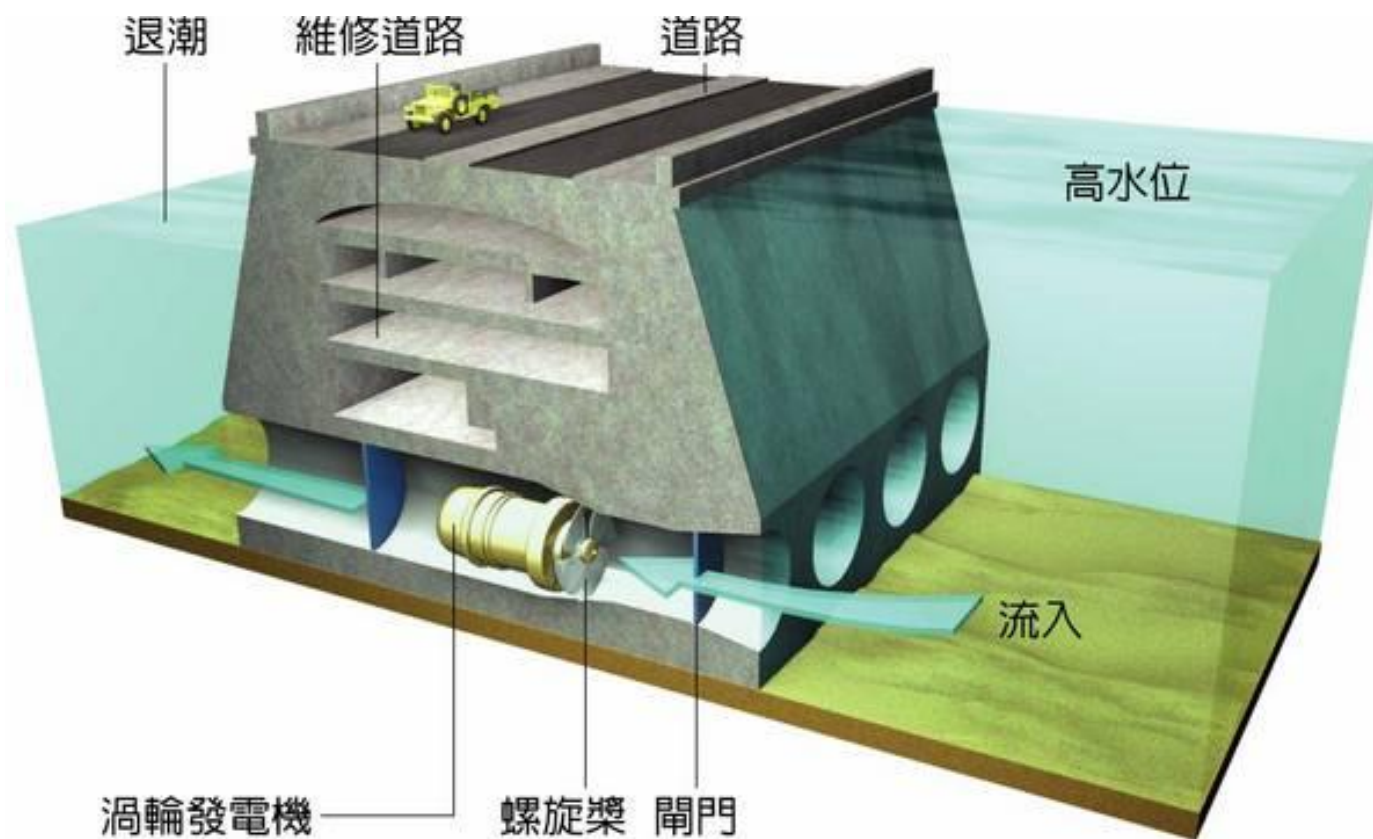
第二節 潮汐發電

- 利用每天潮流漲落的位能差產生電力。
- 在漲退潮落差較大的海邊，建構堤壩，利用海平面的上升下降，導致海水的水位變化來發電。
- 當海水漲潮，海平面上升，因此打開外部的閘門，讓海水流入蓄水池，流動時水流推動渦輪機帶動發電。
- 當海水已達漲潮水位時，將胃部閘門關上，待海水退潮。
- 當海水退潮，海平面下降，蓄水池內的海水高於外部海平面，此時打開內部的閘門，使海水流出蓄水池，推動渦輪機再度帶動發電。



第二節 潮汐發電

- 當海水（或江水）的水位上漲時水庫蓄水，當海水（或江水）的下落時，水庫水位與外海潮位之間形成一定潮差，堤壩出水口處的水輪發電機組受到海水（或江水）驅動而發電。



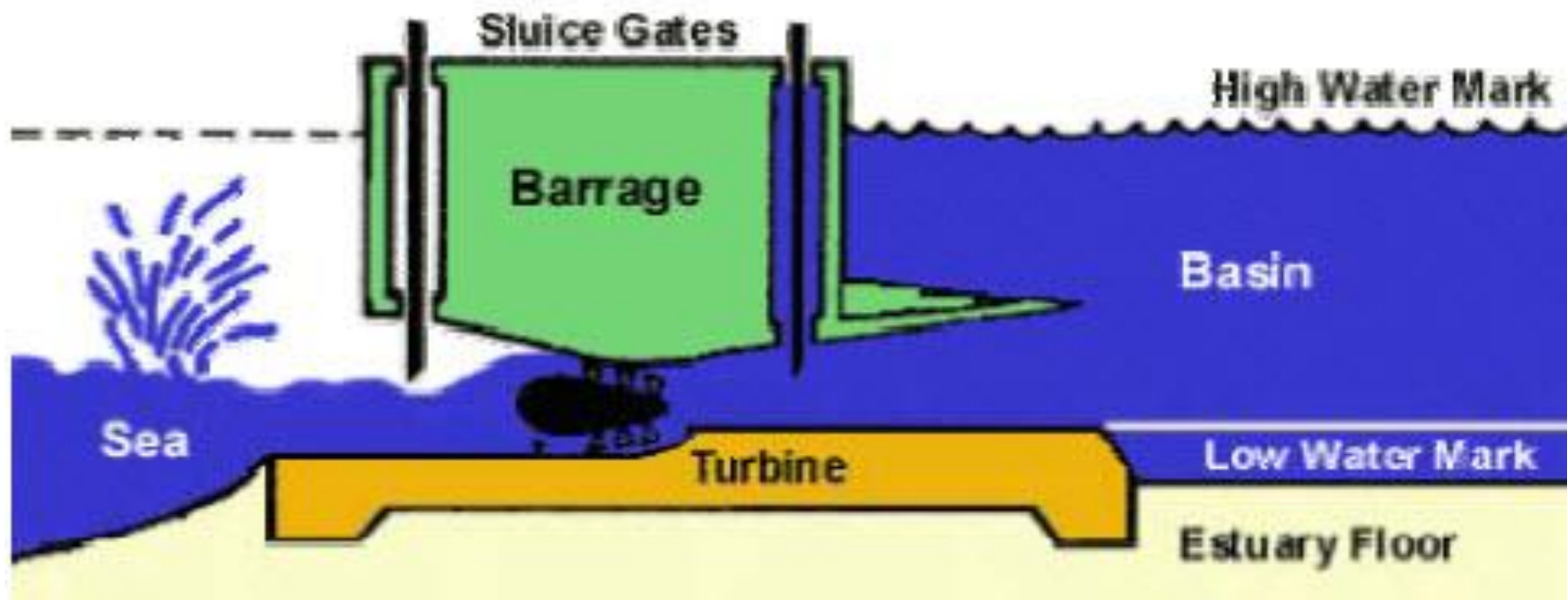
潮汐發電的原理與技術

- 潮汐能利用的主要方式是發電。
- 通過貯水庫，在漲潮時將海水貯存在貯水庫內，以勢能的形式保存，然後，在落潮時放出海水，利用高、低潮位之間的落差，推動水輪機旋轉，帶動發電機發電。
- 潮汐電站的功率和落差及水的流量成正比。
- 但由於潮汐電站在發電時貯水庫的水位和海洋的水位都是變化的（海水由貯水庫流出，水位下降，同時，海洋水位也因潮汐的作用而變化），因此，潮汐電站是在變工況下工作的，水輪發電機組和電站系統的設計要考慮變工況、低水頭、大流量以及防海水腐蝕等因素，遠比常規的水電站複雜，效率也低於常規水電站。
- 潮汐電站按照運行方式和對設備要求的不同，可以分成單庫單向型、單庫雙向型和雙庫單向型三種。

單庫單向型

- 單庫單向型是在漲潮時將貯水庫閘門打開，向水庫充水，平潮時關閘；落潮後，待貯水庫與外海有一定水位差時開閘，驅動水輪發電機組發電。
- 單庫單向發電方式的優點是設備結構簡單，投資少；缺點是發電斷續，1天中約有65%以上的時間處於貯水和停機狀態。

- 最簡單的潮汐發電系統包括在海口建一座水壩、閘門。當漲潮時，海水經由閘門進入貯水池，退潮時貯水池之海水往外流經水輪機，以行發電。漲潮時雖亦可用以發電，但實際上乃較少使用，故仍屬單庫單向型。



單庫雙向型

- 單庫雙向型有兩種設計方案。
- 第一種方案利用兩套單向閥門控制兩條向水輪機引水的管道。在漲潮和落潮時，海水分別從各自的引水管道進入水輪機，使水輪機單向旋轉帶動發電機。
- 第二種方案是採用雙向水輪機組。

雙庫單向型

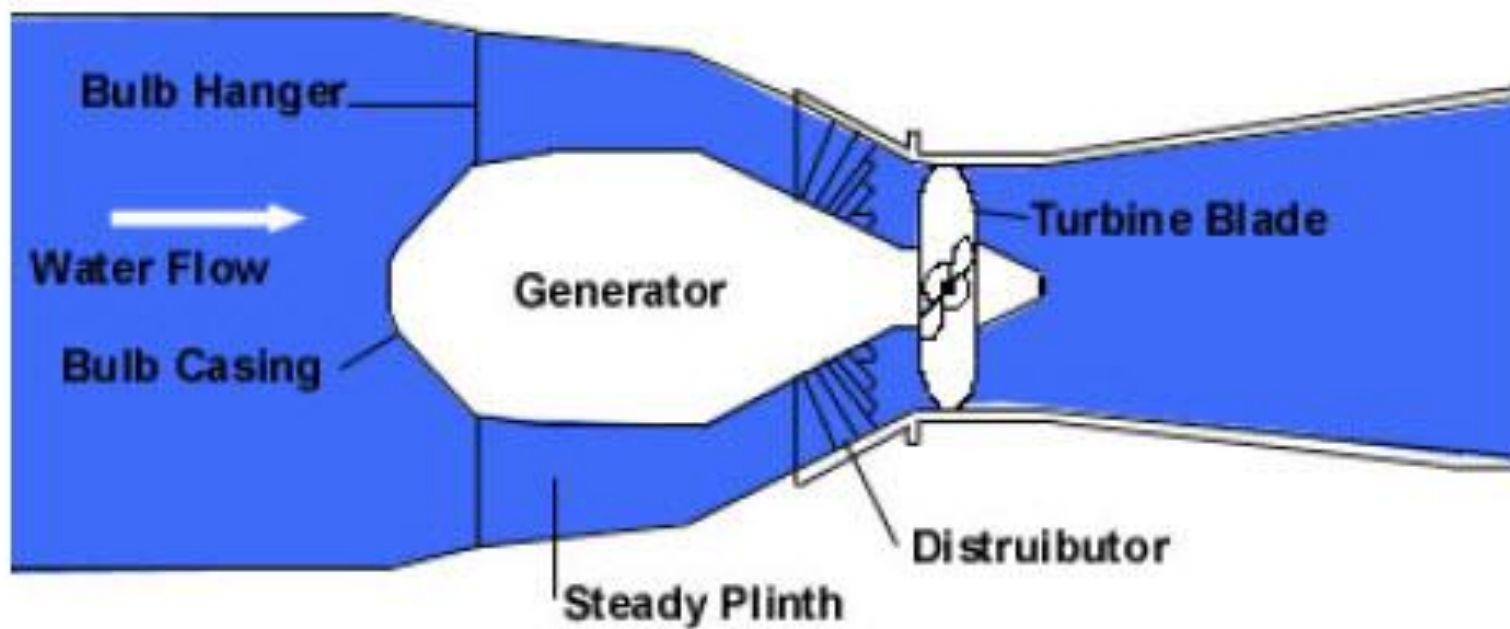
- 這個方案採用兩個水力相聯的水庫，可實現潮汐能連續發電。
- 漲潮時，向高貯水庫充水；落潮時，由低貯水庫排水，利用兩水庫間的水位差，使水輪發電機組連續單向旋轉發電；其缺點是要建兩個水庫，投資大且工作水頭降低。

潮汐發電的關鍵技術

- 潮汐發電的關鍵技術主要包括
- 低水頭、大流量、變工況水輪機組設計製造；
- 電站的運行控制；
- 電站與海洋環境的相互作用，包括電站對環境的影響和海洋環境對電站的影響，特別是泥沙沖淤問題；
- 電站的系統優化， 協調發電量、間斷發電以及設備造價和可靠性等之間的關係；
- 電站設備在海水中的防腐等。

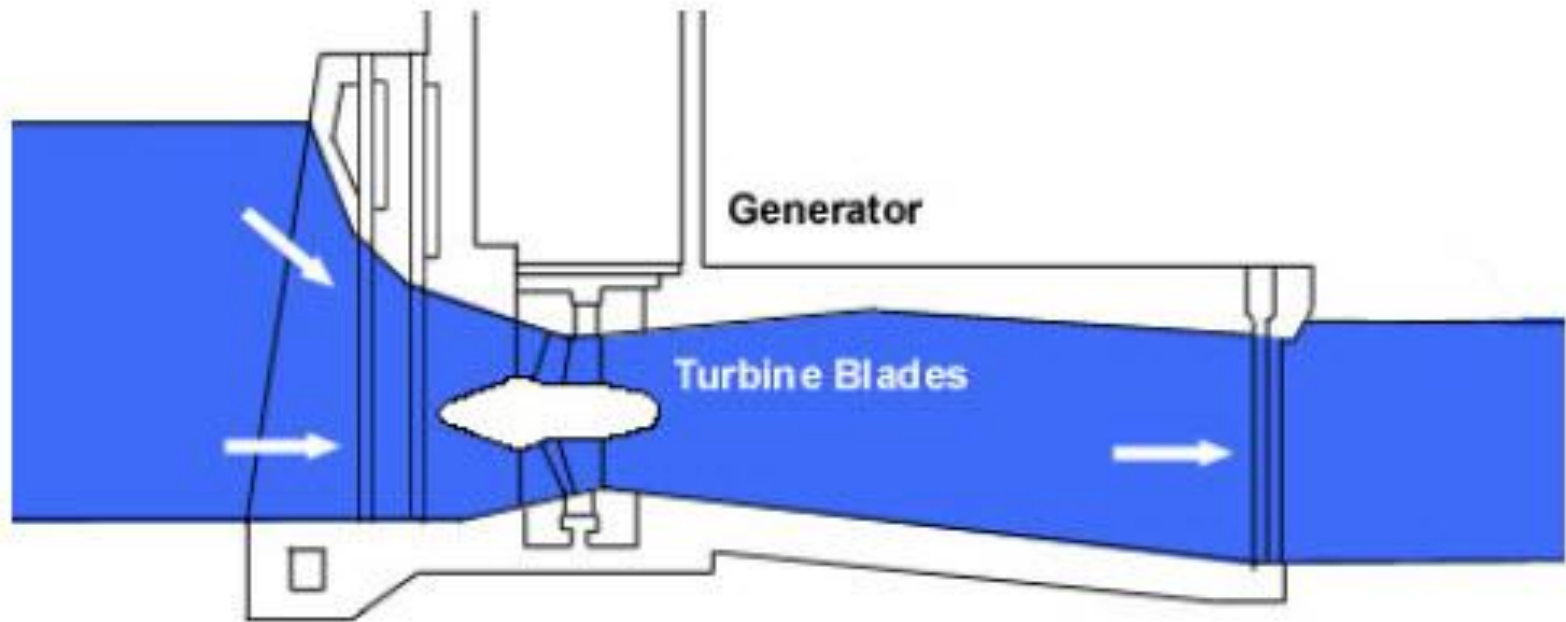
水輪機

- 球形水輪機：海水流經水輪時可使水輪轉動，但必須防止整個水輪反向。



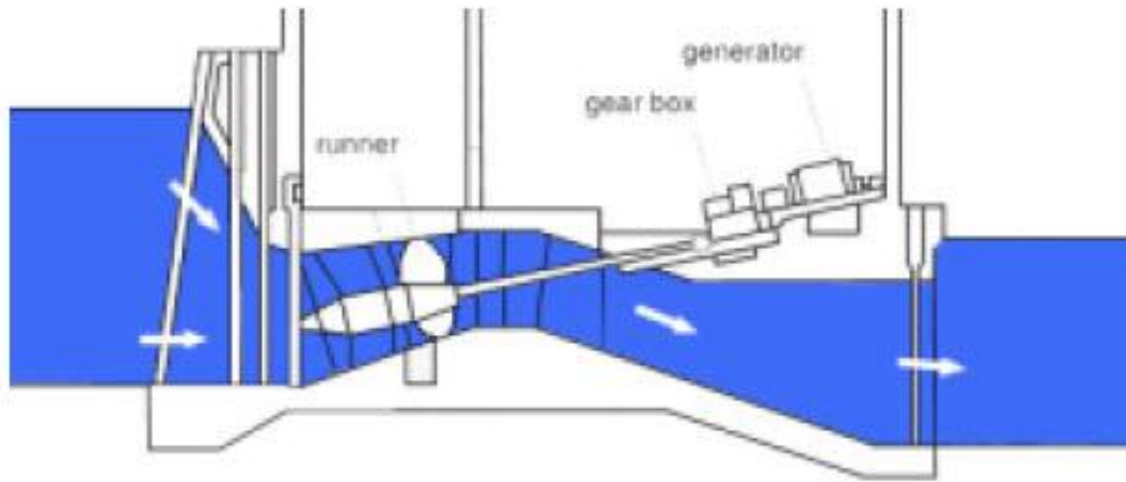
水輪機

- 環型水輪機：發電機之機體固定於霸體內與水輪機之葉片成直角。只是這樣的安排不容易調整水輪機之出力性能，亦不適用於抽水的反功能。



水輪機

- 管型水輪機：其葉輪連接一長軸，且因呈傾斜狀態，故發電機可以安放在壩內。



潮汐水輪機

- 潮汐水輪機：其出力為15KW，看起來一如風機，其在水下排成一列，就如同一些風場一般。這種水輪機比其他型式較佳，且其對環境的影響也較小。這種水輪機在水流2-3m/s的範圍時，可以發電4-13kW/m²。流速太高會損及整個機體之結構，太小反而不經濟。

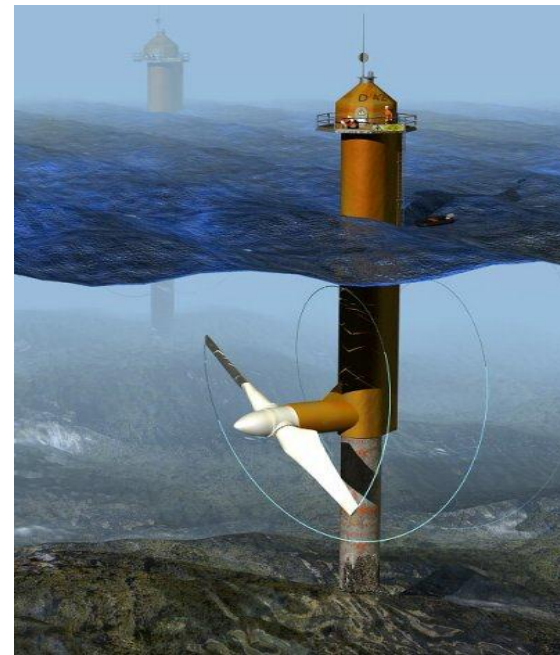
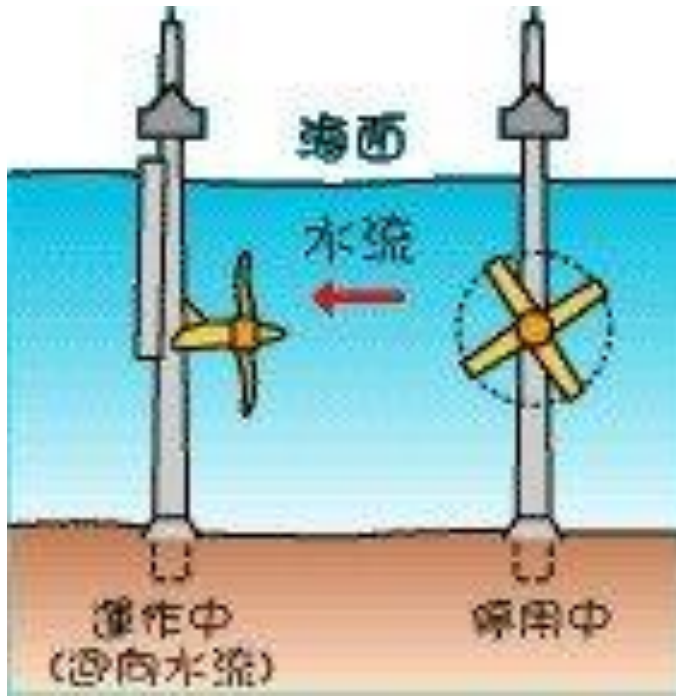
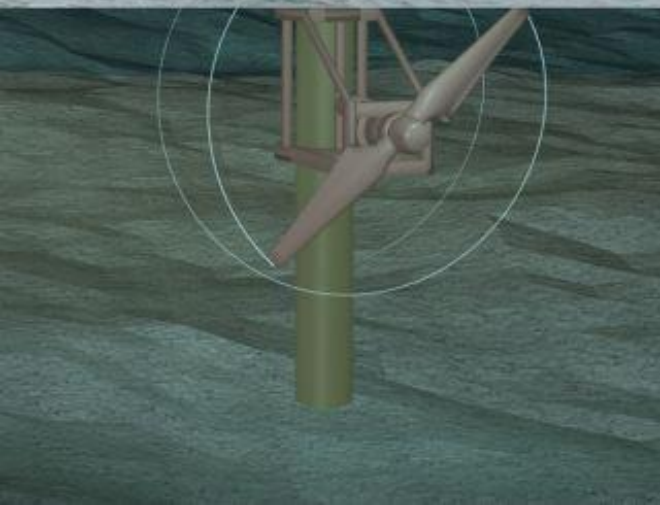


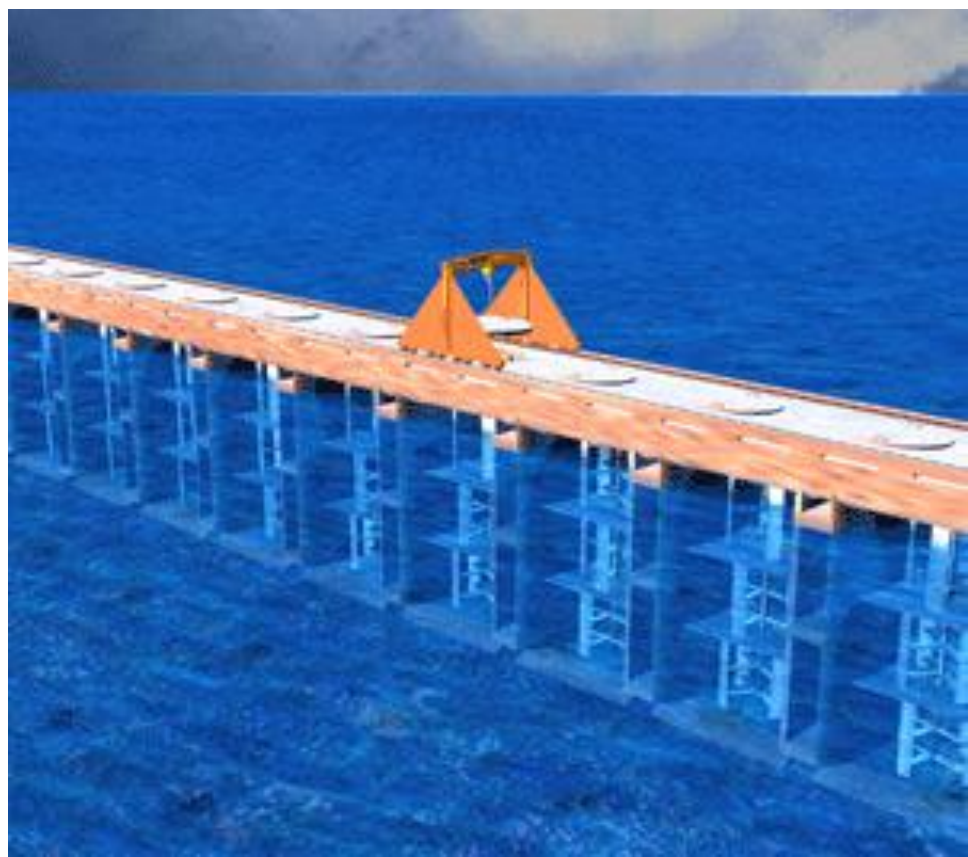
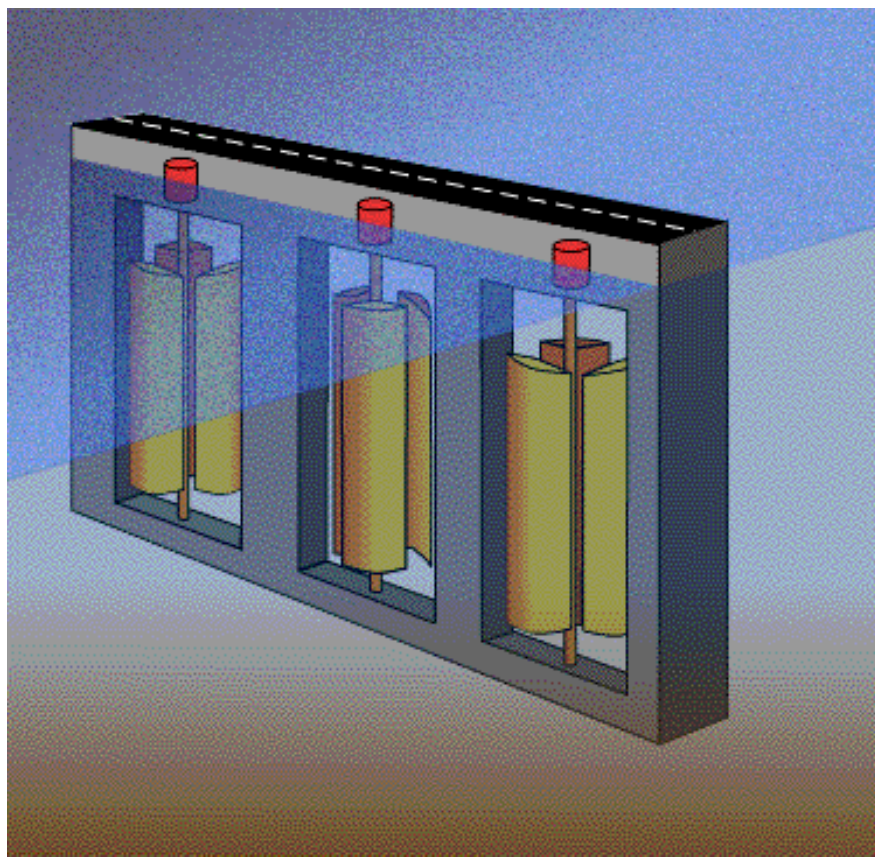


圖 9.13 藝術家印象當中的潮汐渦輪機場



潮籬

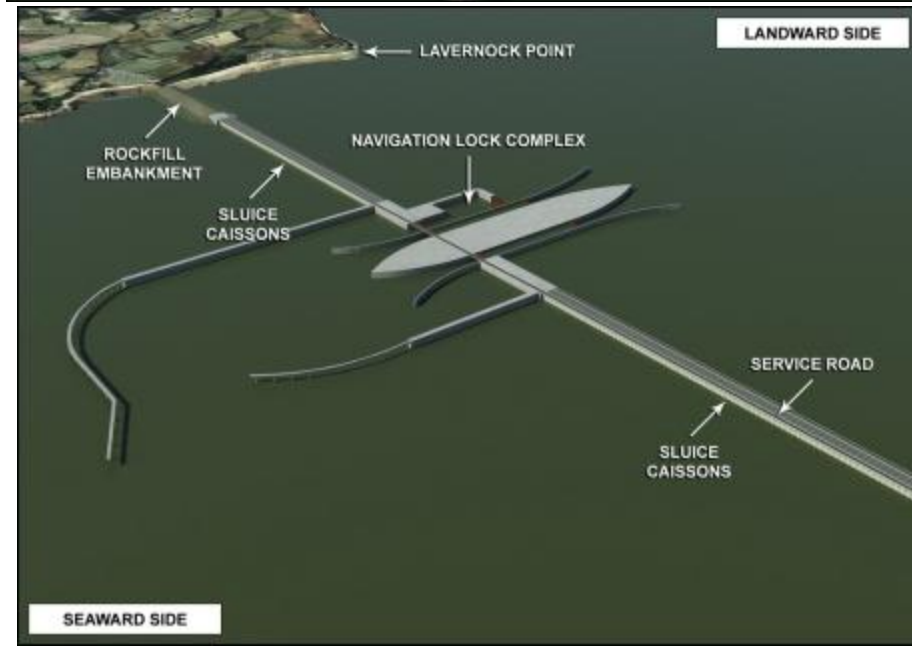
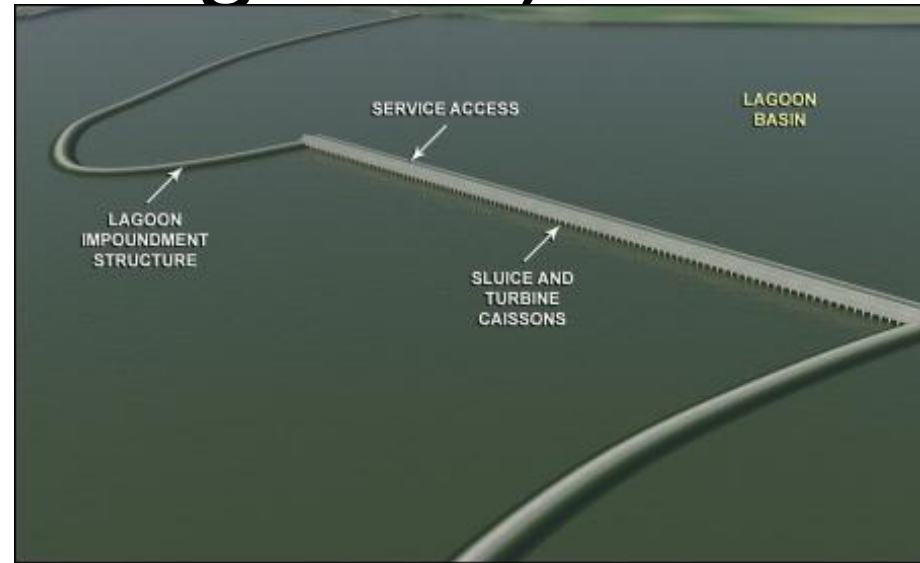
- 潮籬 (tidal fence)：使用的自然流動潮流，沒有使用水壩。由獨立的垂直軸式渦輪機，架設在圍籬式的結構體所組成。



潮間瀉湖(tidal lagoons)

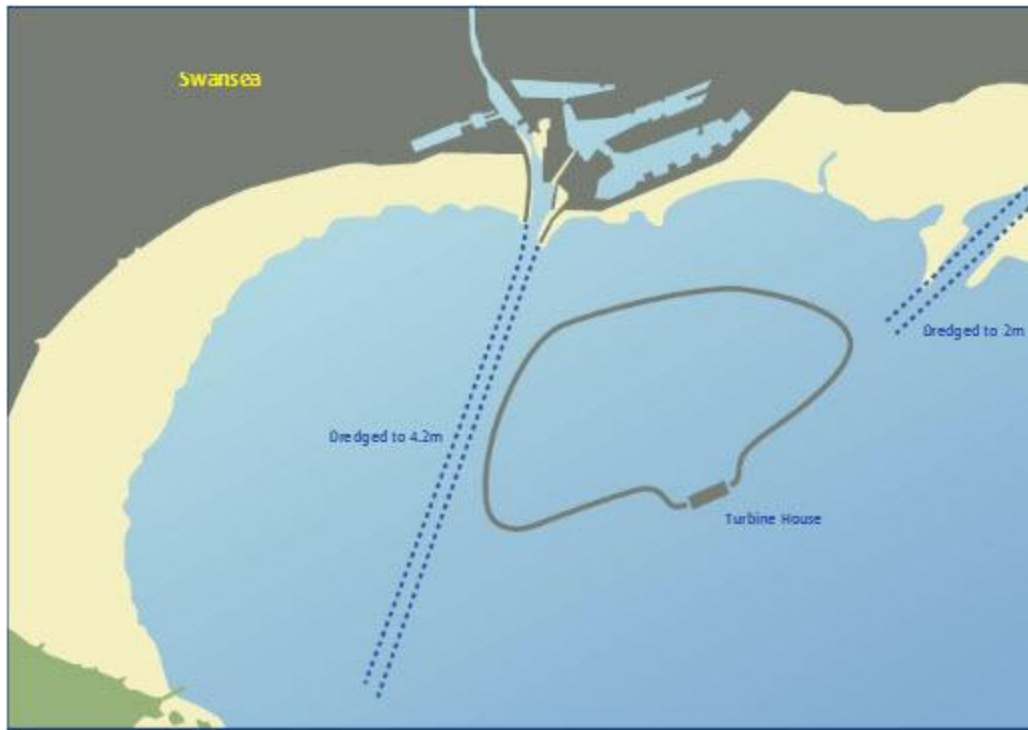
類似攔水堤壩，但建造費用不那麼高，不用橫跨整個河口，其建構成本較低，且對環境衝擊較小。

右圖為在布里奇沃特灣(Bridgewater Bay)建立1.36GW潮間瀉湖的計畫，耗資38億英鎊。



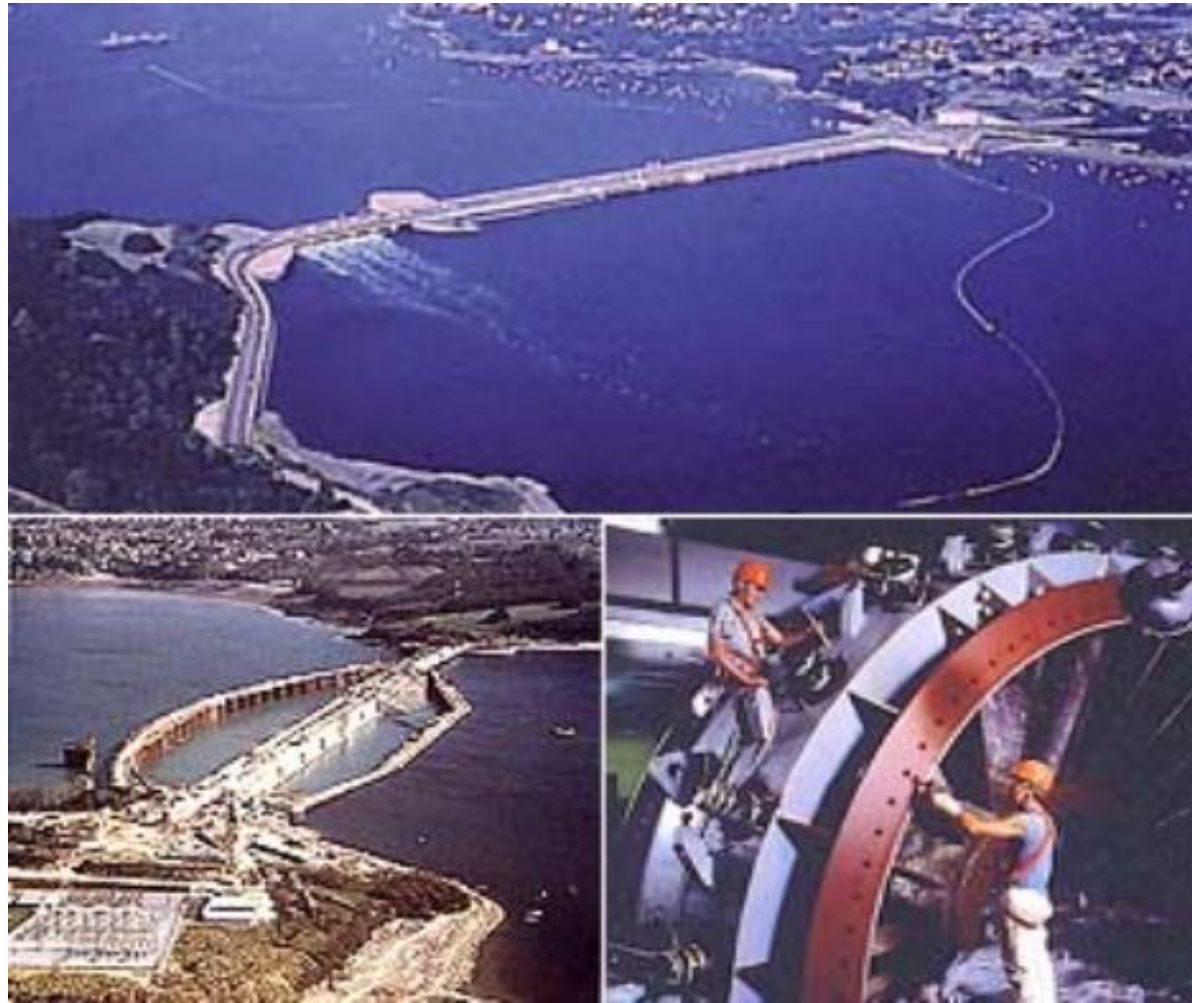
Swansea Bay tidal lagoon

- 斯旺西海灣(Swansea Bay)是世界上潮差最大的地方之一，大約10公尺的潮差。這個海灣將於2009年左右設立世界第一座潮汐發電(tidal power)|潮間瀉湖(tidal lagoon)能源站。此能源站將會位於離岸一英里處的海上，佔地近五平方公里。



法國 潮汐發電

世界最早商轉亦為目前最大的潮汐發電廠座落在法國蘭斯河 (La Rance River) 河口，渦輪發電機葉輪直徑5.35m，裝置容量為10MW，24個機組共240MW，年度發電量5.44億度，約可供25萬戶之家庭用電。



- 法國在布列塔尼省建成了世界上第一座大型潮汐發電站，
電站規模宏大，大壩全長750米，壩頂是公路。 平均潮差
8.5米，最大潮差13.5米。



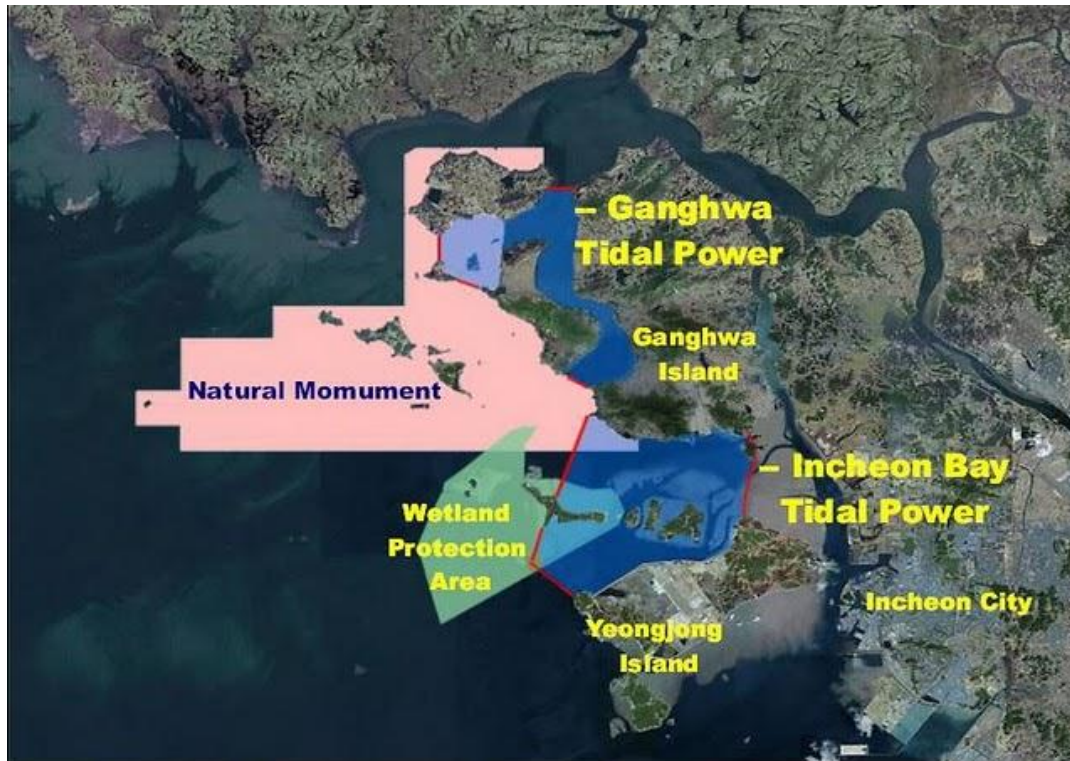
加拿大 潮汐發電

- 為於芬迪灣(the Bay of Fundy)，是北美洲第一座潮汐發電廠，渦輪發電機葉輪直徑7.6m，裝置容量20MW。Annapolis發電廠使用的是最大型的Straflo渦輪機組，每年可供電超過3千萬度電。



南韓 潮汐發電

- 南韓規劃於仁川投資2.1兆韓元（約 18億美元）設置裝置容量812MW的Ganghwa潮汐發電廠。該項目計劃將連接四個島嶼在西方的江華（江華島）與人工混凝土海堤6.5公里長。



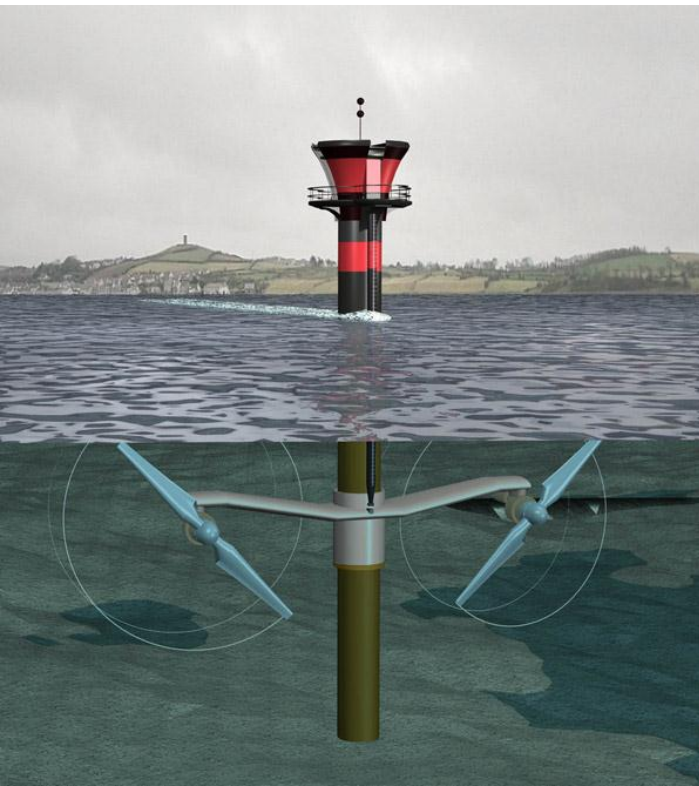
中國大陸 潮汐發電

- 中國大陸最新的TPP 啟用於2006年。這座位於浙江省岱山縣的40 kW 潮電站，為哈爾濱工程大學所開發。
- 中國大陸最大的潮汐電站——浙江溫嶺江廈潮汐試驗電站，總裝機容量3.9MW，2010年全年發電量達731.74萬千瓦時。

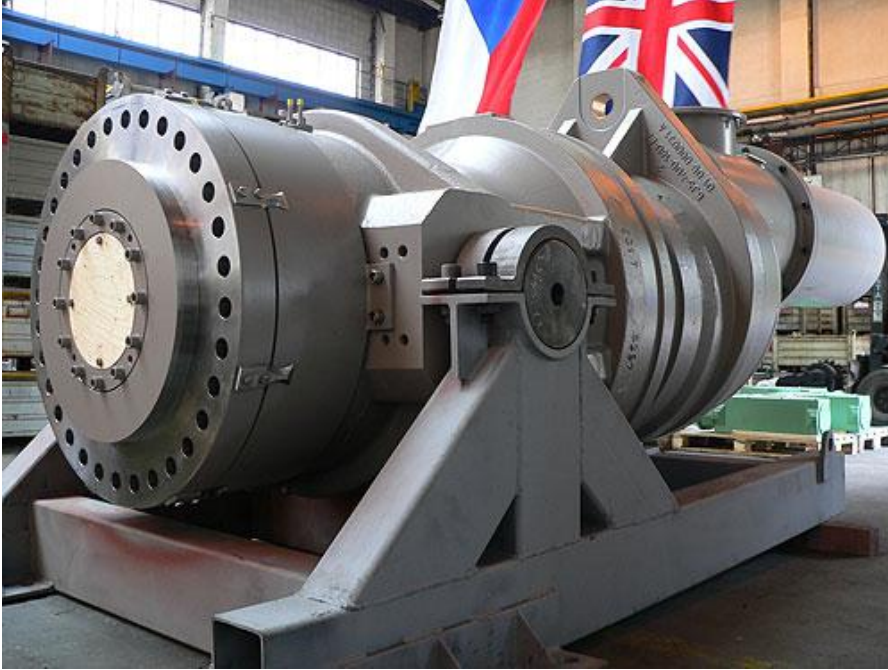


愛爾蘭

- 愛爾蘭Strangford灣的SeaGen電站，其裝機容量為1.2兆瓦，由一對渦輪組成，每個渦輪直徑有66英尺長(即20米)，可以旋轉180度，維修時可以將它們提升至水面上。



- SeaGen的變速箱



- 正在組裝的海洋渦輪機，由潮汐流帶動



台灣

- 潮差發電若以目前低水頭水輪機應用技術而言，基本上只要有一米的潮差及可供圍築潮池的地形即可開發。
- 台灣沿海之潮汐，最大潮差發生在金門、馬祖外島，約可達5公尺潮差，與經濟性理想潮差6~8公尺仍有差距。
- 對於金門及馬祖兩個離島來說，因該兩離島之發電成本較昂貴，發展潮差發電應具較佳之經濟誘因。
- 故台灣的潮差發電發展方向應以金門、馬祖兩離島為先導廠址。

潮汐發電的考量

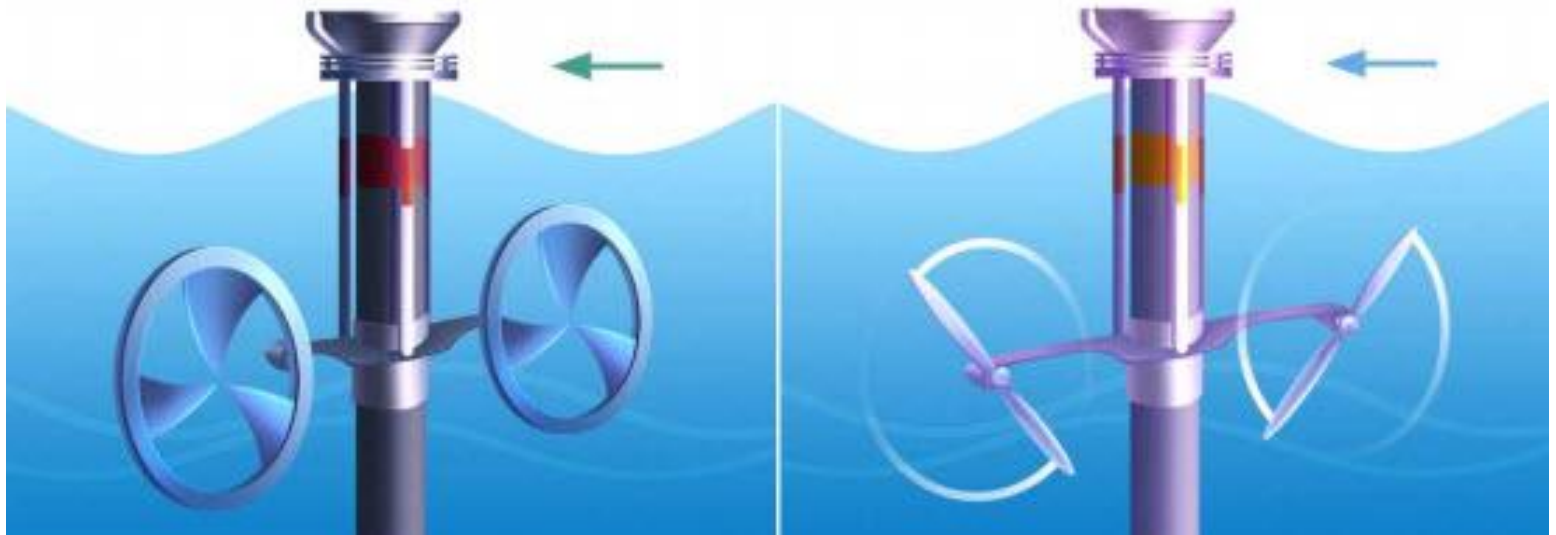
- 成本較高、技術複雜的缺陷
- 庫區淤積、設備腐蝕等問題
- 環境衝擊
 - 濁度
 - 漂沙
 - 污染物
 - 魚類
 - 棲息地

第三節 海流發電

- **海流能**是指海水流動的動能，主要是指海底水道和海峽中較為穩定的流動以及由於潮汐導致的有規律的海水流動所產生的能量，是另一種以動能形態出現的海洋能。
- 潮汐能不同的是，海流能可持續發電，而潮汐能只能半日發電。
- 若有大量的海水從一個海域長距離地流向另一個海域，或稱為**海水環流**。海水環流之產生有兩種原因：
- 一是因**季節風**帶動，使水表面運動，並傳遞至海水深處。在低緯度和中緯度海域，風是形成海流的主要動力。
- 一是**不同海域**的海水溫度和含鹽度常常不同，這種兩個鄰近海域海水密度不同也會造成海水環流。
- **海流能**的能量與**流速**的平方和**流量**成正比。
- 一般來說，最大流速在**2m/s** 以上的水道，其海流能均有實際開發的價值。

第三節 海流發電

- 海流發電是利用海洋中海流的流動推動**水輪機發電**，一般均在海流流經處設置截流涵洞的沈箱，並在其中設置一座水輪發電機，視發電需要增加多個機組，惟於每組間需預留適當的間隔以避免紊流互相干擾。目前海流發電應用構想種類甚多，但均屬研究性質，其技術可行性離商業化應用尚有段距離。



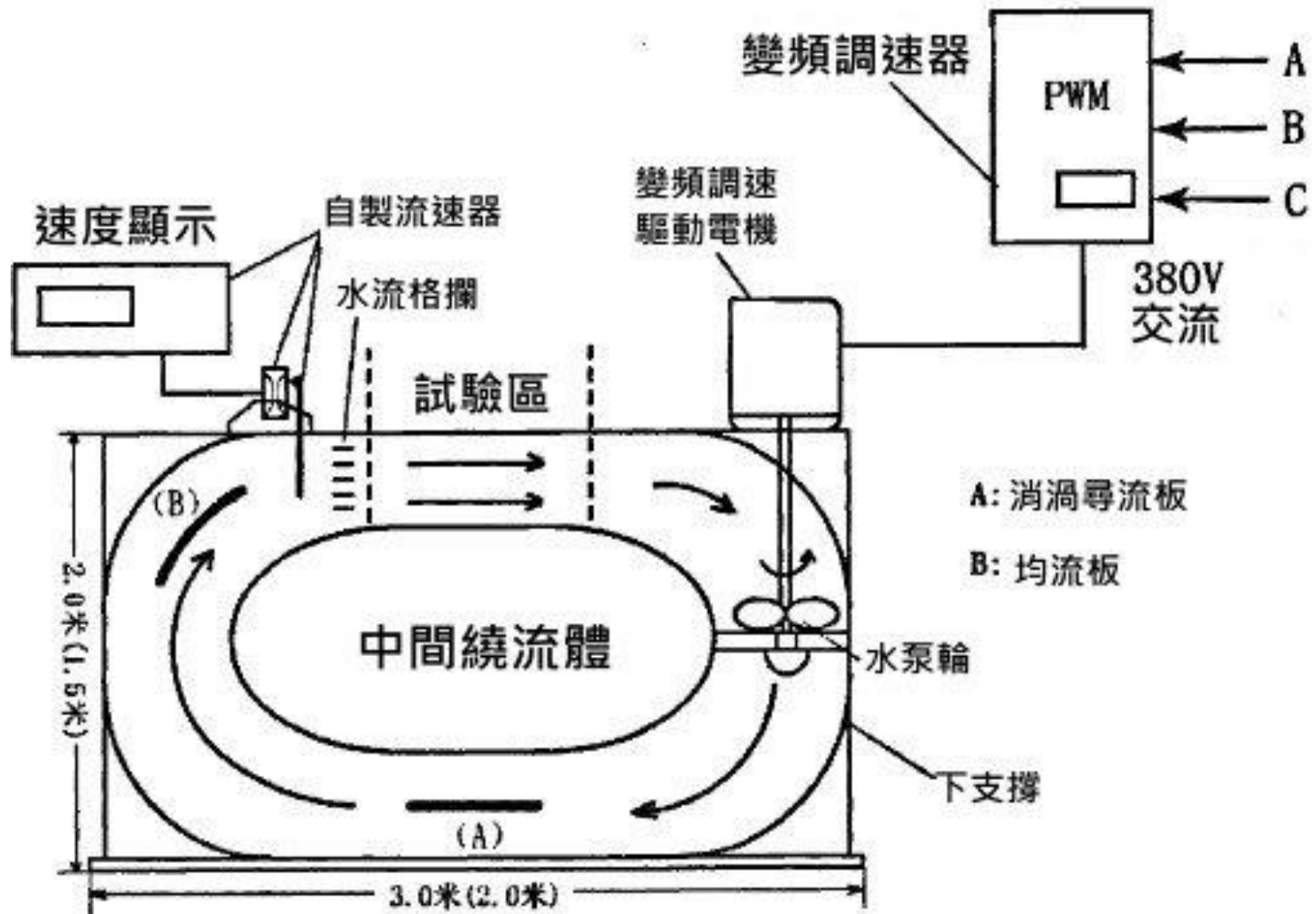
海流發電

海流能是利用海水流動的動能轉換為電能，海流能的能量與流速的平方和流量成正比。其能量公式如下

$$P = 0.5 \rho A V^3$$

其中P為能量功率(W)， ρ 為海水密度(Kg/m³)，A為面積(m²)，V為海流流速(m/s)。

- **海流能**是指海水流動的動能，主要是指海底水道和海峽中較為穩定的流動以及由於潮汐導致的有規律的海水流動所產生的能量

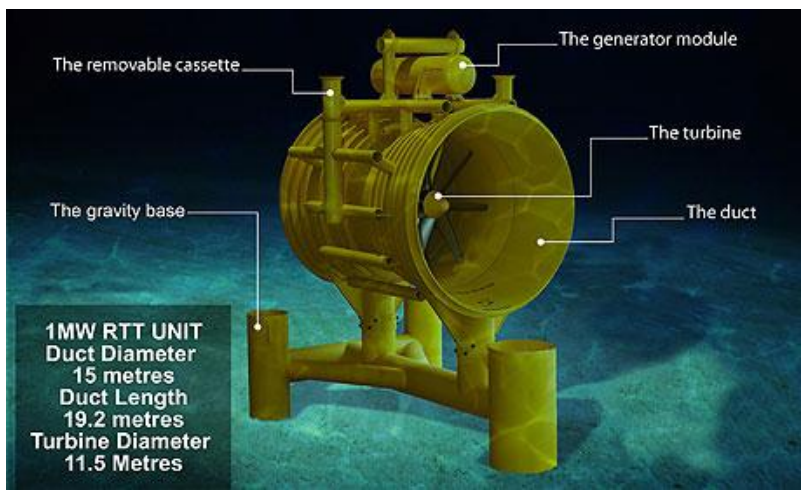
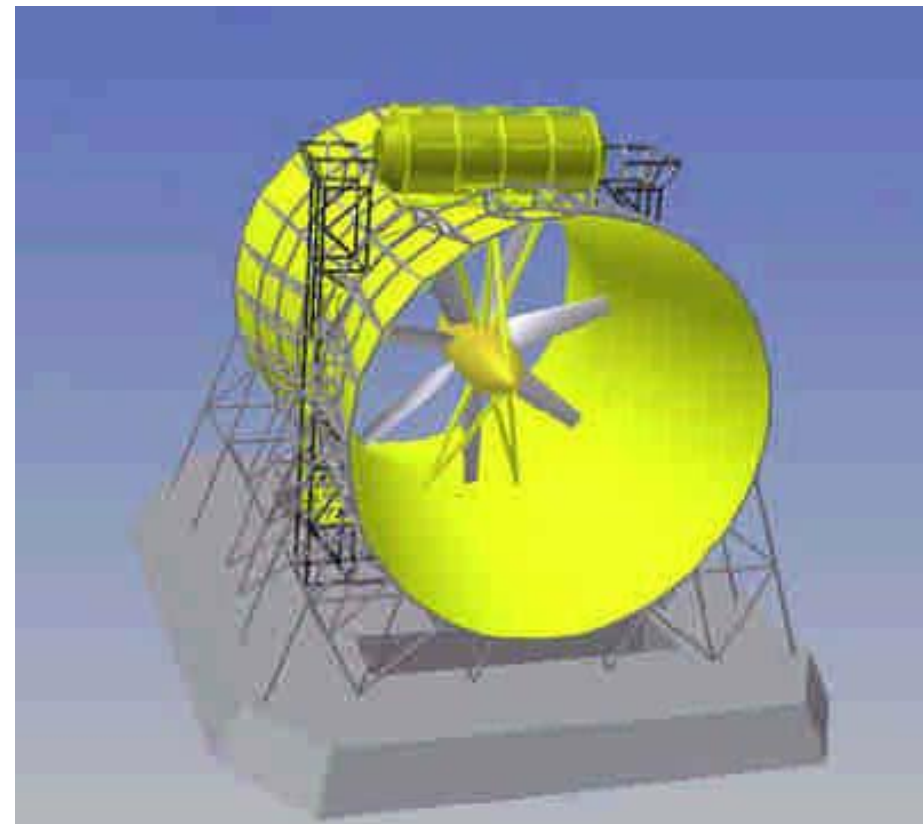
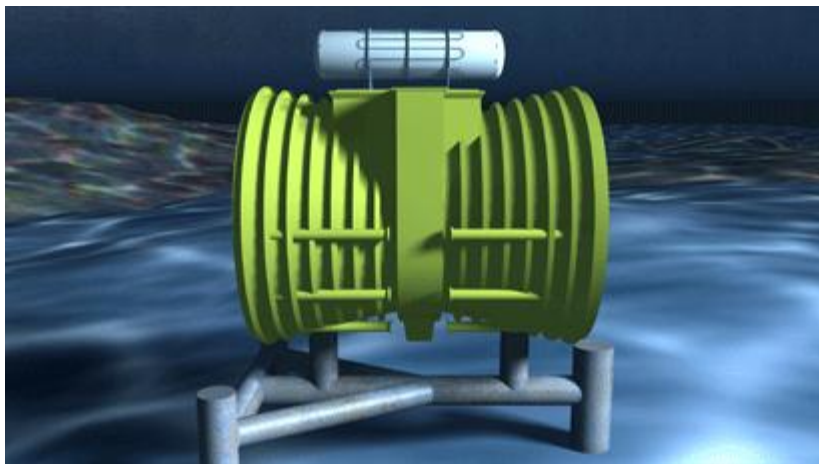


海流渦輪機

- 海流的渦輪發電機一般分成水平軸式(horizontal axis turbin)及垂直軸式(vertical axis turbin)
- 水平軸式與一般的風力發電機組相當類似，目前已有10KW之模型機進行測試
- 垂直軸式包含拖曳式(drag)及升力式(lift)渦輪機兩種，主要為Darrieus型helical葉片渦輪機或十字型翼面渦輪機。

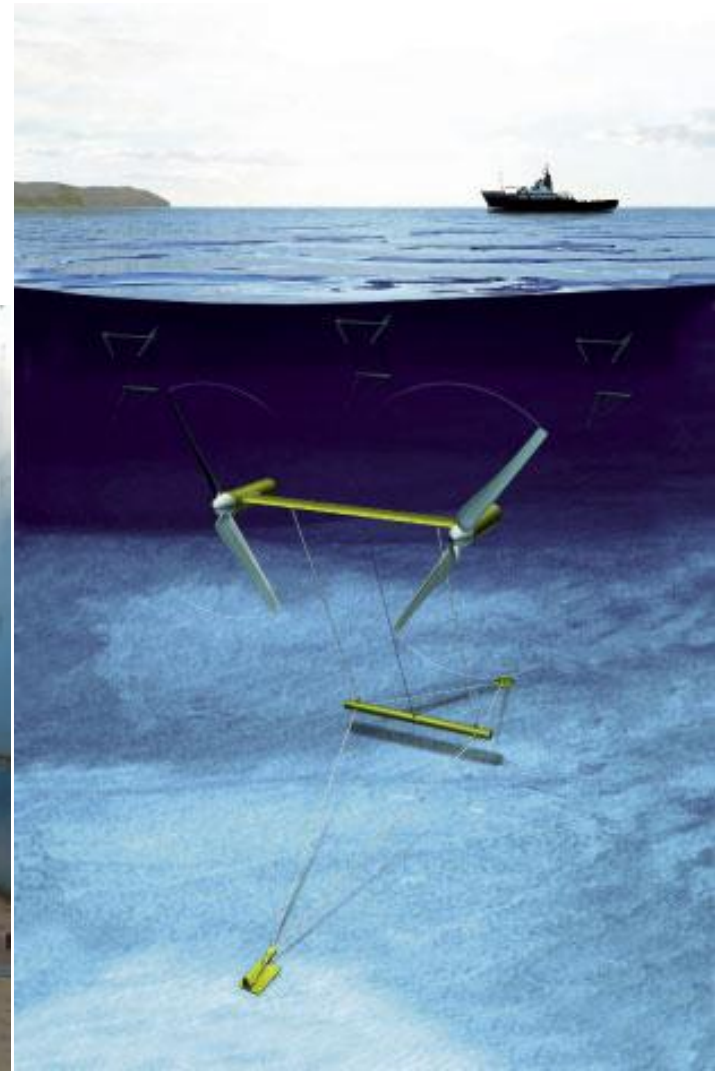
Lunar Energy RTT Turbine

通過一個狹窄的管道來驅動渦輪機發電。



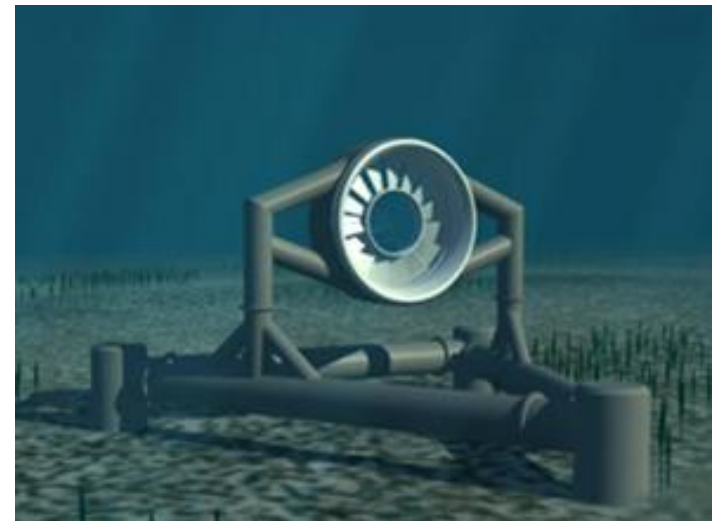
SMD Hydro - TidEL

- TidEL潮汐流發電機：一種小型拴渦輪機，具有兩個反向旋轉的螺旋槳，以獲取海洋潮汐的能量。
- 完成後的單位將包括兩個500千瓦的發電機，連接到總發電量的1MW。



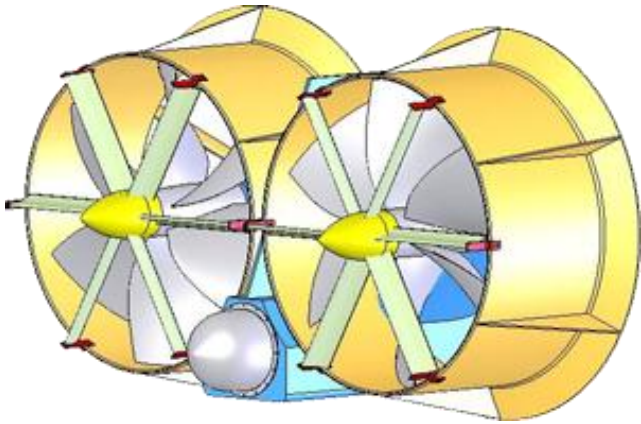
OpenHydro Open-Centre Turbine

- 1520KW
- 2009年11月 - Open Centre Turbine部署在Minas Passage
- 2010年12月 - 渦輪回收，結構良好，但有12個葉片失蹤



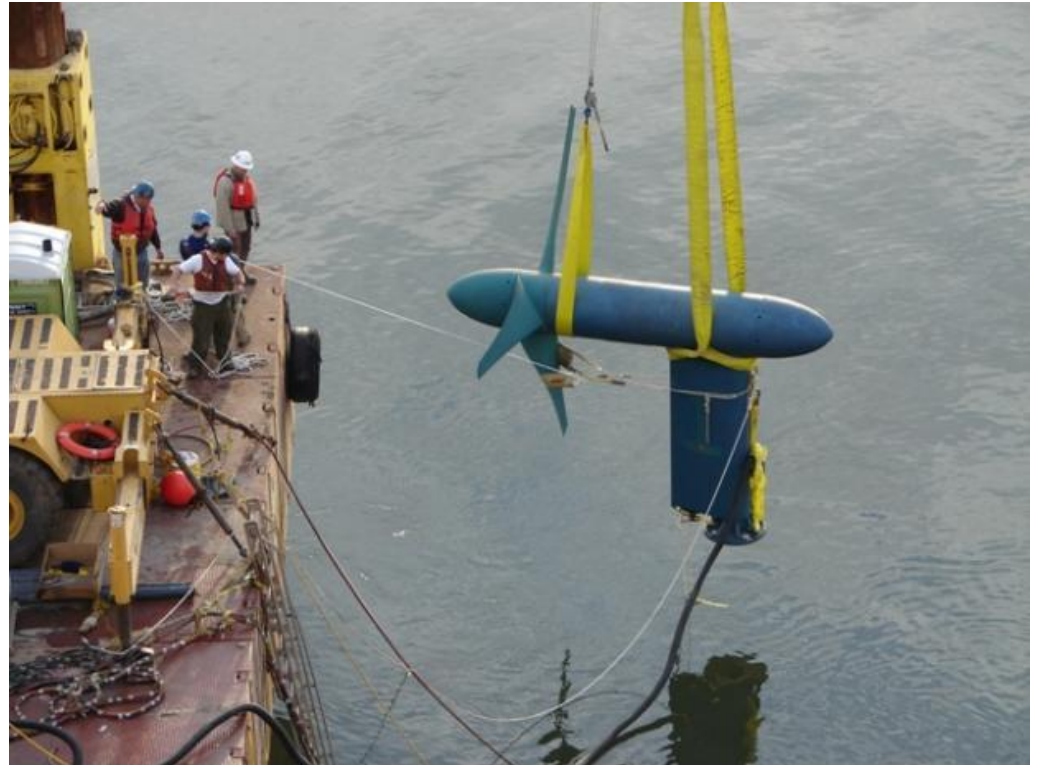
UEK – Underwater Electric Kite

安裝在一個自由流動的水流，不使用蓄水池（水壩）

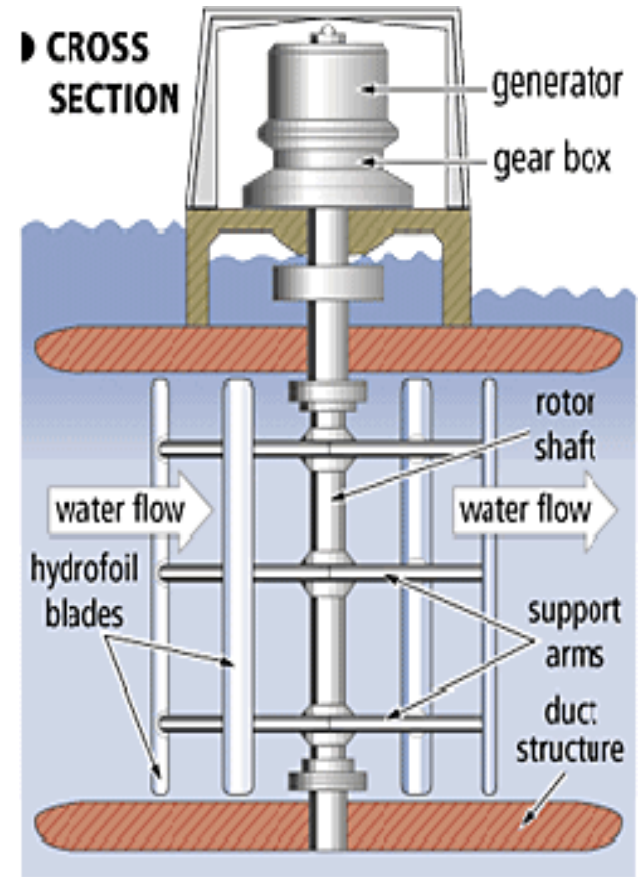
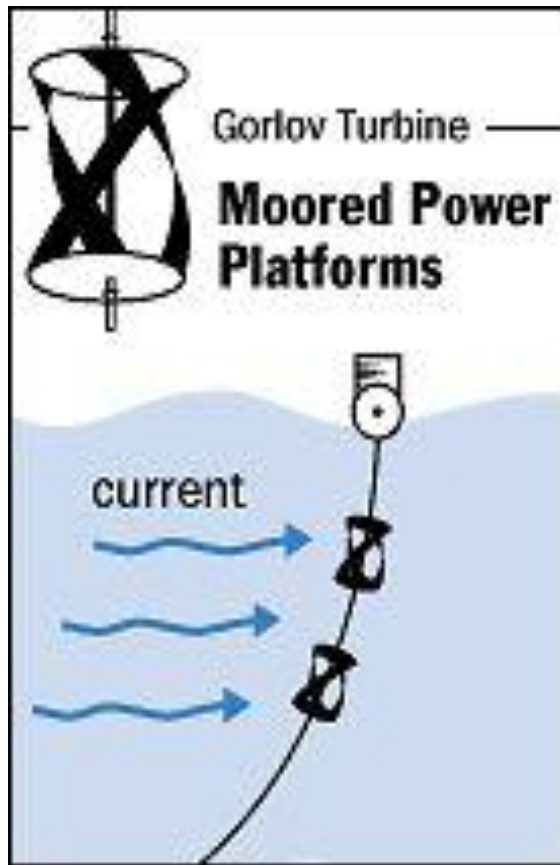


Verdant Power

使用自由流動動能水電系統，三葉片，水平軸渦輪機。
該公司計劃安裝 30 hydrokinetic動力渦輪機，共1兆瓦，
分階段安裝在紐約市東河的水流湍急水道



Darrieus型垂直軸式渦輪發電機



中國大陸

- 大唐山東發電有限公司海流能發電，將符合海流能電站建站標準的山東省榮成市成山鎮臥龍村海灣旺流口海域，確定為該項目的建設地址。
- 該項目為中國大陸首個商用海流能發電項目，項目計劃于2011年5月調試發電機組，完成功率為300千瓦的4臺發電機組組裝，2011年底實現並網發電。
- 這裏的海水流速完全符合海流能建站標準每秒0.8~1.8米。
- 海流能發電系統由哈爾濱電機廠和哈爾濱工程大學聯合研發

台灣

- 臺灣地區可供發電的海流，以**黑潮**最具開發潛力，黑潮又叫**北赤道海流**，因受到地球自轉和盛行西風的作用而形成。
- **黑潮**流經臺灣東側海岸時，因受地形影響，在臺東附近最貼近海岸線，而後北向遠離臺灣。
- 黑潮的厚度約為200~500公尺，寬度約100公里至800公里左右，其流速介於0.5m/sec至1m/sec



台灣

- **黑潮發電**構想是利用中層海流的流速，可利用處的水深約在200公尺左右，預計在海中鋪設直徑40公尺、長度200公尺的沈箱，並在其中設置一座水輪發電機，成為一個模組式海流發電系統，發電量大約是**1.5 ~ 2萬瓩**，未來可視發電需要增加多個機組。
- 理論上利用黑潮發電是可行的，但對**深海用的水輪發電機**尚屬研究階段，技術可行性有待驗證。
- 鑑於國內缺乏相關黑潮發電技術研究資料，因此現階段將先進行東部海域及澎湖跨海大橋海流環境調查和發電技術資料蒐集。

台灣

- 研究顯示，行經台灣的黑潮，在綠島海域及蘇澳外海每秒流速1.4至1.6公尺，深度僅30公尺左右，能量高達每平公尺1.2至2.1KW，且流速流向穩定。研究單位初估，綠島黑潮能可達1至3GW發電裝置容量。
- 根據1998年4月下旬與1999年6月下旬於蘇澳、綠島與蘭嶼三個探測海域之斷面，蘇澳以東的黑潮平均有3.3 GW 及 1.35 GW 的總蘊藏能量為最高；其次是綠島海域的南北兩斷面共 1.1 GW 及 0.44 GW；最少的是蘭嶼附近海域(南斷面、南斷面及西斷面)，總蘊藏能量為 0.87 GW 及 0.23 GW。