



全民节约用电 全民兴办电站

潮 汐 发 电

中共旅大市委电力指挥部编



辽宁人民出版社

PDG

傳售報費

潮 汐 發 電

中共旅大市委電力指揮部編



遼寧人民出版社出版（瀋陽市沈陽路二段宮前里2號） 瀋陽市書刊出版業營業許可證文出字第1號
旅大日報印刷廠印刷 遼寧省新华書店發行

787×1092 1/32 · 1 1/2 印張 插圖1 · 12,000字 · 印數：1—10,000 1958年10月第1版

1958年10月第1次印刷

統一書號：15000·73

定價 0.08元

出版者的話

目前，我省电力供应十分紧张。这一方面是因为工业大跃进对于电力的需要猛然增加，而电力工业的发展赶不上需要；另一方面是由于我省今年天旱，水电站的水位一直下降，使水电的来源大大减少。少数厂矿因为电力不足，已经不能维持正常生产。中共辽宁省委从8月11日起，一再发布指示，召开紧急会议，动员全省人民展开节电、办电的群众运动，来战胜电力不足的困难。现在，全省已掀起了一个全民节约用电和兴办电站的工业“抗旱”运动。

为了交流各地办电的经验，推动全民办电的全面开展，以保证我省今年工业跃进计划的完成和超额完成，我们选择了一些比较好的经验，将陆续编辑出版，以供各地办电时参考。这些经验有的适用于工业，有的适用于农村，有的适用于沿海地区，希望各地使用时能够创造性的加以运用，使这些经验得以充实与提高。由于时间仓促，经验编写得还不够完善，请读者多多给以指正。

編 者 的 話

在这本小冊子里，扼要地介紹了旅大地区在党的领导下，一个月以来全民办电中的几个小型潮汐发电站的情况。为了帮助讀者同志对潮汐知識及其发电原理有所了解，这里，对潮汐現象、潮汐发电原理以及潮汐电站的設計等方面也作了一些介紹。但由于这项工作刚开始，加上時間仓促，因此，这方面的經驗还不多，对旅大地区潮汐电站的情况也未来得及詳細了解。这里所介紹的情况难免有不妥之处，請能看到这本小冊子的讀者同志，多加以指正。

編 者

1958年10月15日

目 錄

一、潮汐現象·····	1
二、潮汐发电的原理·····	2
三、潮汐电站的設計·····	5
四、介紹旅大地区的几个潮汐电站·····	7
五、潮汐发电的經濟意义·····	13

一、潮汐現象

海洋的水面是按照一定的規律升降变化着的。水面漲到某一高度后，开始下降，到一定程度后，又重复上昇。每日每月无休止地如此反复变化着。不仅大海洋是这样，沿海的海湾、河口以至近海的大的湖泊也有这样現象。这种現象就叫着潮汐。产生潮汐現象的原因，主要是由于太阳与月球对地球表面海水的引力，也就是潮汐力的作用。月球与地球的距离較近，对地球上的海水的影响就比太阳大。地球旋轉时，面对和背对月球处的海面受引力作用而昇高，在四側則降低，地球自轉一周其各部分的海面便发生升降的潮汐現象。其它风速、风向、降雨、气压等气象条件的变化，也会影响海水的水位。

潮汐的漲落，一般是每天反复循环二次，即二次高潮和二次低潮。漲潮与落潮經歷的时间大致相等，从最低到最高（或最高到最低）約需六小时多一些。因此，平均每隔一天到达高潮（或低潮）的时间要延迟50分鐘左右。

高潮与低潮間的水位差称为潮差。潮差主要是因月的盈亏而变化的，每月每天甚至一天中的二次变化也不相同。普通在朔（月初）望（月中）或二、三日为最大，上下弦时最小，因此也就出現了大潮和小潮。大潮时的潮差称为大潮差，小潮时的潮差，称为小潮差。潮差的高低在各个地点也不相同，与位置地势等有較大关系。如大連港的最大潮差达4公尺，最低潮差仅1公尺，而年平均潮差約为2.15公尺。

海面漲落的同时有大量海水往返地流动，所以在潮汐現象

中蘊蓄着很大的能量。能量的大小与潮差有关，潮差愈大能量愈多。潮差愈大，也愈便于利用，低水头的水轮机工作水头不到1公尺，如潮差超过1公尺，便可冲动水轮机转动。潮汐现象产生的水面差虽然不大，但一般水量很大，在沿海往往有很多平方公里面积的海湾，如能用来发电，就可达几万瓩，所以潮汐是一个很大的自然动力资源。

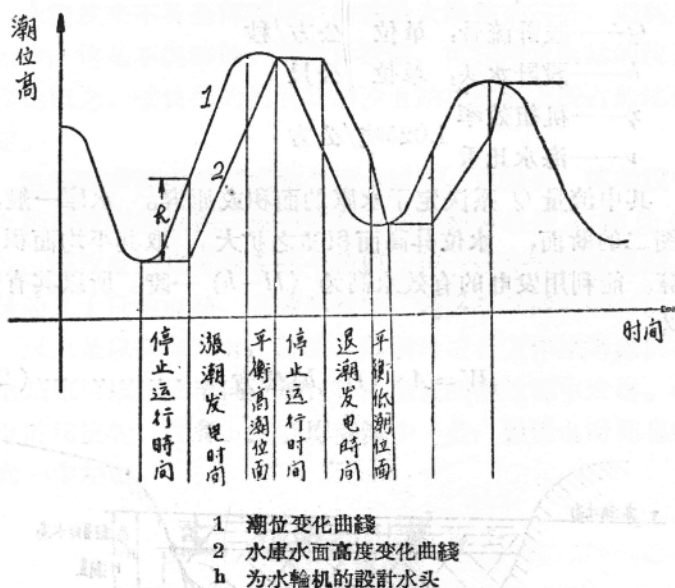
二、潮汐发电的原理

潮汐发电，是利用潮汐所形成的水位差及海水的流动来进行的。其发电的基本原理与水力发电完全相同。它的特点是坝两侧的水位是不断变化着的，发电时间得服从潮汐变化的规律，而不能如意地加以控制与调节，在一般情况下，潮汐发电的水头小而流量较大。所以潮汐电站的设计、计算、厂房布置、采用的设备等与水力发电也大致相同。

在沿海海岸选择出口狭窄的海湾或河口，在其出口处建筑挡水坝，拦住潮水，使因潮汐而发生的逐渐变化的水位差集中起来，坝里即成为拦蓄潮水的水库。在坝的适当位置安装上水轮机及相应的进水与排水的管道、闸门等，便可进行发电。涨潮过程中，坝外水位逐渐升高，潮水涨到一定的高度，即坝两侧的水位差足以冲动水轮机转动时，打开闸门，使潮水通过水轮机流进海湾发电。将近满潮时，水位差逐渐减少到不能推动水轮机转动，可暂时停止运行。满潮经一定时间后，开始退潮，此时坝内水位高于坝外，同样可以进行发电。

潮汐电站的运行及水位高度的变化情况可用图一来表示。涨潮开始时，坝内水库的水位仍保持最低的水位，打开闸门后，水库水位因潮水流入而升高。其升高的速度与潮水的流量及水库的容量有关。流量愈大，上昇速度愈快。当流量恒定

时，因水库的面积往往与水位高度有关，即水位愈高，淹没面积愈大。水位的上昇，起始较快，昇至一定程度，即逐渐地缓慢下来。为始终能保持必须的高差，就须控制流量随库面的变化而变化，也就是说，起始时发电量小而逐渐地增大。将达最高潮位时，高差逐渐不足，此时可放水使坝内外水面平衡，以待退潮时有效地利用水位差。满潮维持约半小时左右开始退潮，待坝内水位高于海面水位时，可以放水发电。坝内水位逐渐降低到不能发电时，再放水平衡水位。坝外的海面按潮汐变化如曲线1，坝内水位变化如曲线2。



图一 潮汐发电站的运行及水面高度变化

潮汐电站，在一天24小时中，不能连续地运行。发电时间与涨（落）潮速度、水轮机工作水头等有关。涨（落）得快一

般即潮差大，发电時間就长。如以平均潮差 2.15公尺考虑，則在一次漲（落）潮 6 小时中，約有 2.5 小时不能发电，每天共可发电 14 小时左右。水輪机的工作水头低，出力要小些，但工作水头过高，就会使发电時間縮短。在設計与选择水輪机时，应按較低的水头来考虑，以获得較长的发电時間；而运行时，就可按負荷的需要来調整，以有效利用水能。

潮汐电站的发电能力，決定于水庫的庫容与潮差的大小。一般发电站的装机容量可按以下公式来計算：

$$N = 9.81 Q h \eta \nu \text{ 瓩} \dots\dots\dots (1)$$

Q ——設計流量，单位 公方/秒

h ——設計水头，单位 公尺

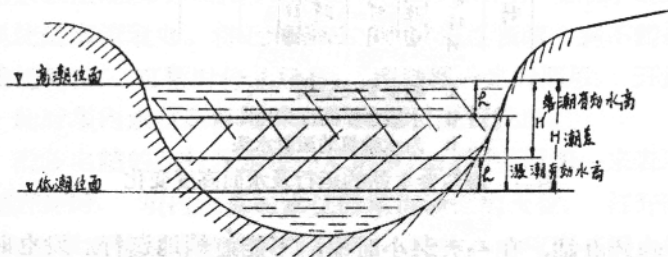
η ——机組效率

1.025 吨/公方

ν ——海水比重

其中流量 Q 系決定于水庫的面积或庫容。水庫一般具有如图二的断面，水位升高面积随之扩大。取其平均面积 A 来計算。能利用发电的有效水高为 $(H-h)$ 一段。所以其有效庫容为：

$$W = A \times (H-h) \text{ 公方} \dots\dots\dots (2)$$



图二 水庫断面形状

流量等于有效庫容被除以每次漲（落）潮的发电時間（当作流量恒定）。

$$Q = \frac{A(H-h)}{S \times 3600} \text{ 公方/秒} \dots\dots\dots (3)$$

(S ——发电時間以小时为单位)

其中平均面积 A 实际上在漲潮与落潮时是不同的，从图二可以看出漲潮时之平均面积要小于落潮之平均面积，也就是漲潮的发电能力要小于落潮，但相差不大时，可不計算其差別。另外潮差 H 可以采取比平均潮差較大的数值，不然在大潮时，水能就来不及全部利用。如按最大潮差来設計，則利用小时太少，这是不經濟的。其具体数值，可运用水电站的流量保証率的概念、按負荷的性質及潮汐电站在供电上所占的地位来决定。

机組效率 M 中包括引水与排水管道、水輪机、傳动設備、发电机等效率的总和。按小型水电站的經驗总效率約为 60~70%，潮汐电站也可参考这个数值。但一般小型潮汐电站，即容量为几十瓩的电站，其效率較低，最多也只能有 60%。

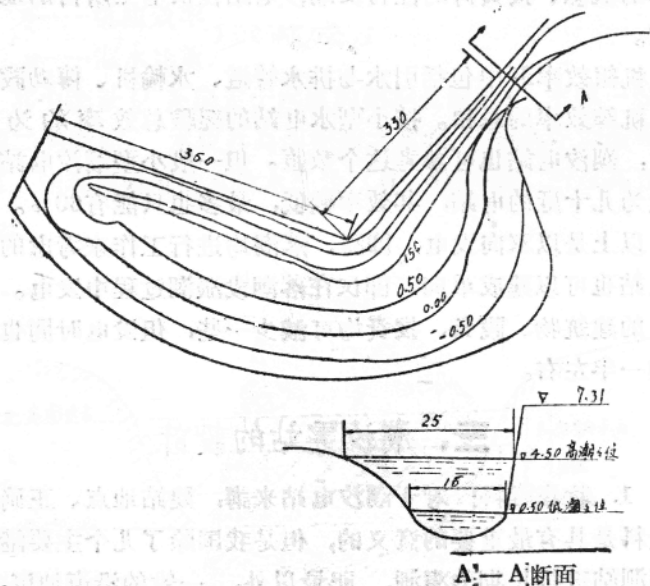
以上是以双向发电，即漲、落潮均进行工作来考虑的。潮汐电站也可以建成单向，即仅在落潮或漲潮过程中发电。单向发电的建筑物、設備、投資均可減少一些，但发电時間也仅及双向一半左右。

三、潮汐電站的設計

1. 收集資料：对于潮汐电站来講，建站地点、正确的潮汐資料是具有最重要的意义的，但是我国除了几个主要港口設有觀測站进行长期的觀測、記錄以外，一般的沿海地区、海湾、河口均沒有这种資料，这就形成很大的困难。建站地点与

港口較近时，还可近似地采用該港口的資料，如和港口相隔較远，則只能作一些簡易潮汐觀測，記錄每天每小时的潮位变化。潮汐資料除了上面已提及到的用作計算发电能力的潮差数值以外，最高（低）潮位面的数值也較重要。最低潮位面要用作水輪机安装高程等的設計依据。最高潮位面則決定坝与厂房的高度及一些不能設在水下的設備的安装高度。其它諸如风速、风向、波浪等气象資料，如能收集，对建筑物的設計也有参考价值。

2. 測繪水庫地形：为确切地計算水庫的容量及設計擋水坝与厂房，須測出水庫的地形，繪制出水庫地形平面图及需要的几个断面图（如图三）。平面图上須标出适当差額的等高綫



图三 潮汐电站的水庫地形图

(每隔10~50公分一条)。差額愈小，計算庫容愈正确。在平面上自低潮位开始量出各条等高綫包圍的面积 $A_1, A_2, A_3, \dots$ 到高潮位止，便可計算平均面积。

$$A = \frac{\sum A_i \Delta h}{H} \text{ 公尺}^2 \dots\dots\dots (4)$$

(Δh 为相鄰两等高綫間之高差)

求得平均面积 A 后，再按公式 (2) 計算其庫容。

在預定筑坝及厂房处，須測繪其断面图 (如图三 A—A 断面)。其它尚可繪出 1~2 代表性的断面图，以表示水庫断面形状。

3. 装机容量的选择：取得以上資料后，可按公式 (1) 決定装机容量，再选择适当形式、容量及数量的水輪机。小型潮汐电站的水輪机，可以参考水利电力出版社出版的“农村小型水电站参考資料”一書中介绍的木質旋槳式水輪机的成套定型設計来选择。該型水輪机系用硬質木料制做的，制造技术不复杂，适合于农村自己制做。

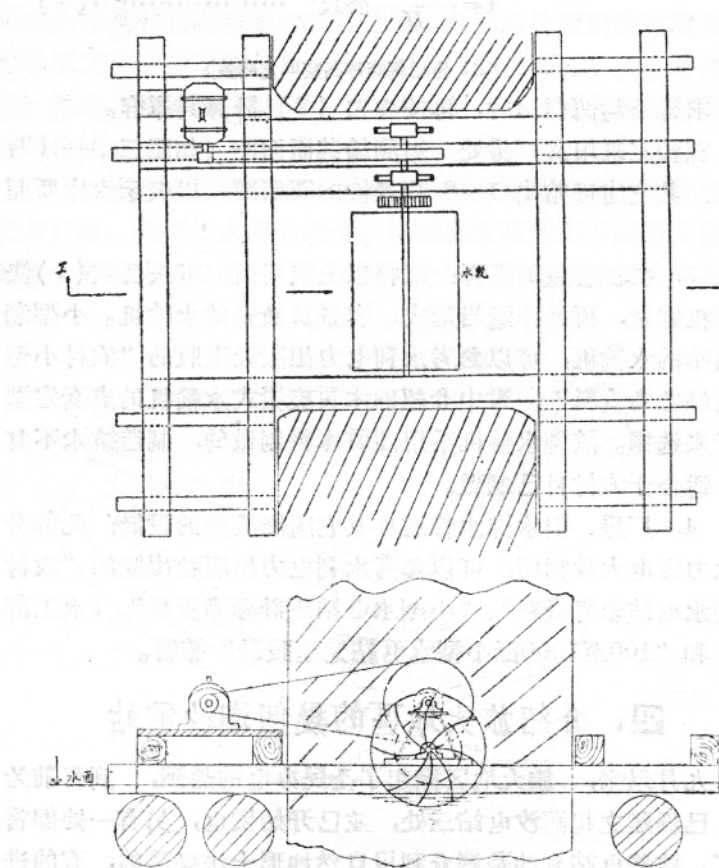
4. 厂房、引水排水管道及其它附屬设备的設計：此部分与水力发电大致相同，可以参考水利电力出版社出版的“农村小型水电站参考資料”、“小型水电站設計参考資料” (水工部分) 和“100至1000瓩小型水电站定型設計”等書。

四、介紹旅大地區的幾個潮汐電站

九月以来，旅大地区掀起了全民办电的热潮，到目前为止，已經建立起潮汐电站三处，並已开始发电，另有一处即将竣工。这些电站有的是群众利用自然地形土法兴建的，有的进行了一些简单的設計后建立的。現将其中不同型式的几个电站简单的介紹如下：

1. 漂浮型潮汐发电

金州重机厂，在海湾口上利用原有的一座桥墩，建立了一个漂浮型的潮汐发电站。



图四 漂浮型潮汐发电站平面图

用一木架漂浮在水面上，二端夹住桥墩，不使装置被水冲走。木架中部针对海水流动方向，安设水轮，海水流动时，冲动水轮旋转，再用变速装置带动发电机发电。变速装置为齿轮与皮带，将水轮的低转速转换成高转速。发电机安设在木架的端部，电线把电引到坝上去使用。这种电站的所有设备，均漂浮于水面上，并依随水面的高低而升降。

全部设备的重量是很大的，而运行中的变速装置、发电机等均不能淹入水中，故需要较大的浮力，以保证设备漂浮于水面之上。因此，采用几个油桶密闭起来沉入水中，固定在木架下面以托起木架。漂浮也可以用重物平衡法，即是在坝顶上立几根木椿，木椿上安设滑轮，把绳索一端固定在木架上，另一端绕过滑轮并悬挂一定重量的重物，如铅块、废铁、石块等，使海水对木架的浮力加上重物的重量大于木架设备的总重，即可达到漂浮的目的。

这个方法的特点是，利用海水的流速来发电，流速愈大，发电量也愈大，与潮差的大小没有直接的联系，不受潮差过低不能发电的限制，因此，应用的范围也就可以广些。当然，潮差大的时候，流速也会增高，可以多发些电。由于它仅利用海水的流速，没有将潮汐产生的水面差集中起来使用，这样就不能将全部水能有效地利用起来。一般地说出力与效率要低些，可以发到几瓩以至十几瓩。

另外，此方法工程很简单，采用的水轮设备也很简易。全部装置可以在岸上加工后，再放置水中组装，不需在水下开挖土方或施工。因此化钱较少，并可以很快地建设起来。

漂浮型的电站需要有较有利地形来固定设备。以上是利用桥墩固定的。当坝口不很宽时，也可用绳索牵引住。如湾口较大，采用此种方法需要填土筑坝，工程量很大，这样就不太合

算，不符簡易的要求，不如建立出力較大、效率較高型式的电站較好。

这种型式的其它缺点是設備放置在露天水面上，运行条件不好，遇有风浪、雨天便不能工作，並須設法防水。另外，設備位置經常上、下变动，引綫等也不方便。

2. 採用旋槳式水輪机的潮汐电站

大連紡織厂利用跨过海湾的廢公路基础建立了一个潮汐电站。他們在公路基础上开了三个通道，每个安上一个閘門，其中二个用作漲潮时往湾里进水，另一个安設一台水輪机，退潮时放水发电。水輪机的安装布置如图五。

水輪机为木制旋槳式的。动輪具有二个叶片，是以六块5公分厚木板疊成的。直徑100公分，輪轂直徑30公分，每个叶片长度为35公分。动輪在座环及块石砌成的孔中旋轉。二者間隙为1公分。設导水叶8片，成45度角安装，使水流以一定的方向流入。如以平均高潮位面作为基准面，則水輪机的安装高程頂盖处为-1.00公尺。尾水管以条石、水泥、砂浆砌成拱形断面，頂高60公分；高程为-2.40公尺到-3.00公尺。閘門用木板併成，实际上，在这里只起擋水的作用，使海水通过水輪机从尾水管排出。

座环为支持頂盖的重量用，固定在块石水泥基础上。頂盖也以木板疊成侧面切成光滑的弧形，使水能順利地流下。水輪机用二个軸承固定，上部系推力軸承，承担水輪机全部重量。下部为輻向的。泄水錐的作用，也是使水順利流下。

高潮位面的变化約在-1.00~0.30公尺之間，故不致于淹沒頂上皮帶輪。潮位較低时，便不能发电。水流的控制与調准，系在导水叶上部安設一圓罩，其內徑与高度适与导水叶外徑与

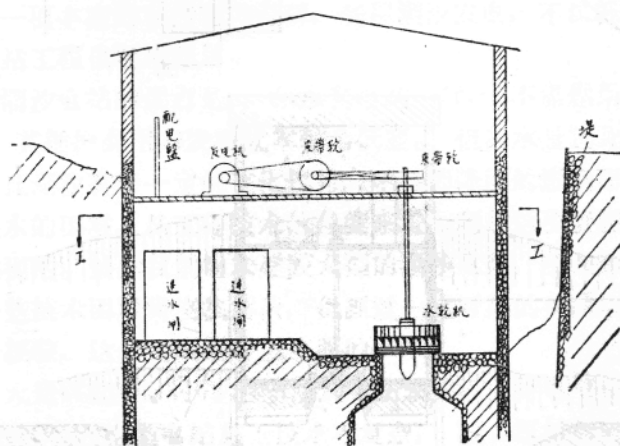
高度相同。当圓罩落下时，便隔斷水流，以圓罩提起的程度来控制水量的大小。

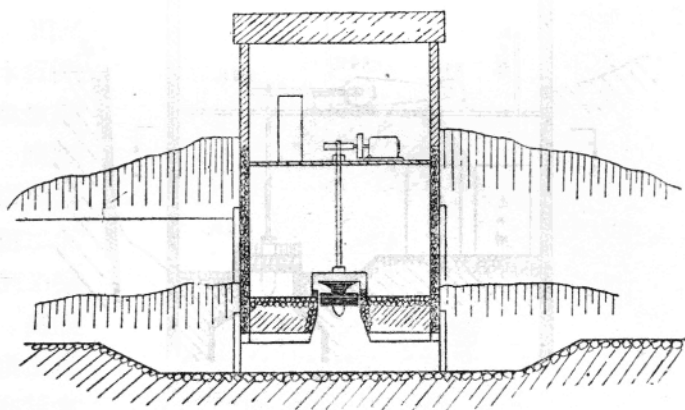
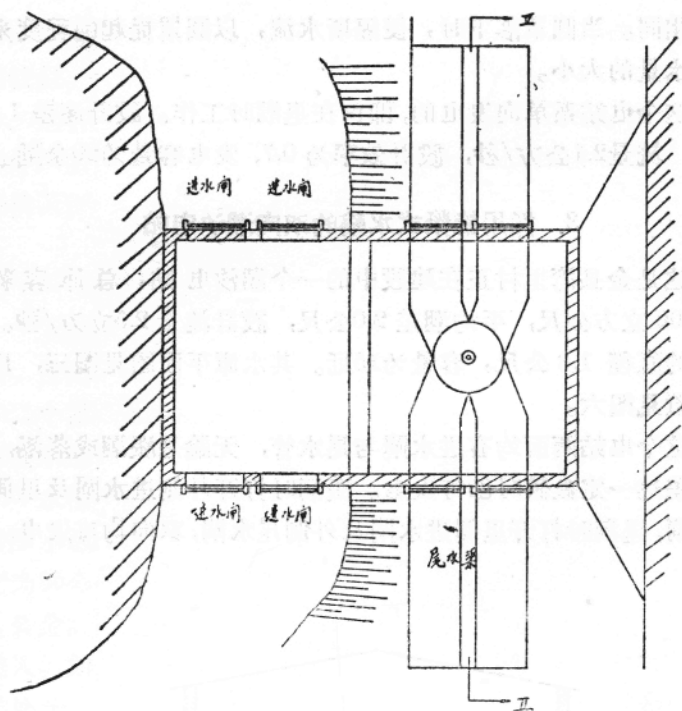
这个电站系单向发电的，即仅在退潮时工作。設計高差 1.5 公尺，流量 2.1 公方/秒，設計效率为 0.7，发电容量为 20 余瓩。

3. 採用旋槳式水輪的双向潮汐电站

这是金县湾里村正在建設中的一个潮汐电站，总庫容約 100,000 立方公尺，平均潮差 2.0 公尺，設計流量 2.5 立方/秒。水輪的直徑 1.3 公尺，容量为 15 瓩。其水庫平面图見图三，厂房布置見图六。

这个电站两面均有进水閘与尾水管，無論是漲潮或落潮，在潮差达一定数值时即可发电。漲潮时打开外側进水閘及里側尾水閘，退潮时打开里側进水閘及外側尾水閘，双向均可发电。





图六 旋槳式水輪双向潮汐电站厂房布置示意图

水輪機安裝高程略高于最低潮位面，尾水管在最低水位面下。厂房底层实际上为一水庫，水面随漲潮上昇高。底层在最高潮位面以上，以保証不浸水。

变速采用二次皮帶傳动（一次为半交叉），將轉速自每分几十轉提高到1,500轉/分。

这个电站，出力与效率均要好些，但所需設備也多，並需修建一个 6×10 公尺²面积的厂房，投資当然要比以上介紹的那几个大得多了。

五、潮汐發電的經濟意义

前面已經講过，潮汐系海洋中的一种自然現象，它蘊含着极大的动力。据初步統計，仅旅大地区有条件用来建設較大型（1,000 瓩以上）的发电站的海湾即有20处之多，总发电能力只少有80,000瓩。其它面积自几万以至几十万平方公尺（即可建設几瓩至几十瓩发电站）的小海湾更不下数百余处。所以潮汐是一項丰富的自然动力資源，利用潮汐发电，不仅經濟，而且建站工程也較为簡單。

潮汐电站的优点是，和水利电站一样，不需燃用任何燃料，其維護費用与发电成本較为低廉。但其水量远比河流充沛，且潮汐有着一定的变化規律，不会因降雨的影响而产生干旱缺水的困难。从工程技术角度来看，利用这项資源也是可能實現的。虽然目前尚未建設大型的潮汐电站，对大型电站中的一些技术困难尚沒法解决，但經過一定时期的实践以后，丰富了經驗，这个困难是可以克服的。

大量兴建中、小型的潮汐发电站来实现农村电气化更有现实的意义。小型电站施工技术不复杂，設備原材料可采用土办法，农村均可以解决。劳动力、投資等也无困难。另外，农