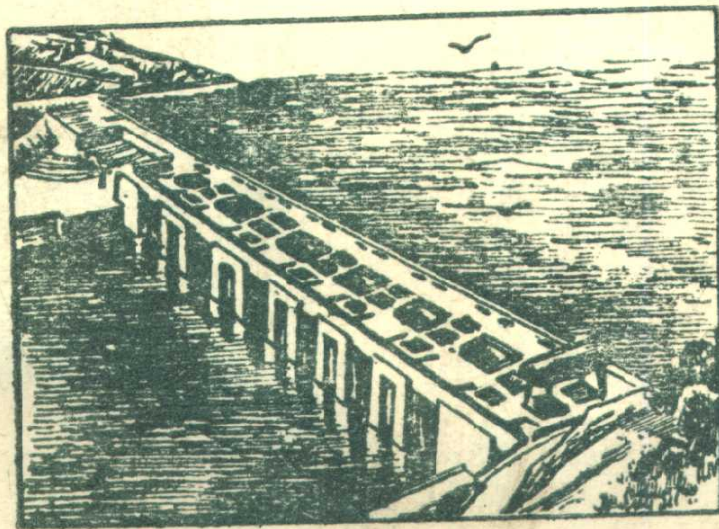


全國潮汐發電會議叢書

小型潮汐發電站的 設計和施工

廈門市水利電力局等



水利電力出版社

3.5
70

全国潮汐发电会议丛书

向海洋要力量,化波濤为电能,建設社会主义

小型潮汐发电站的设计和施工

潮汐发电中的几个問題

水工建筑物軟基的处理

順德县潮汐发电站結構型式彙編

全国潮汐发电会议編

厦門市水利电力局等

上海电力設計院等

福建省水利电力厅水利局等

广东省順德县水利局



全国潮汐发电会议丛书

小型潮汐发电站的设计和施工

厦門市水利电力局等

*

1644 S 467

水利电力出版社出版(北京西郊二里沟)

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

商务印书館上海印刷厂排印 新华书店发行

*

787×1092 1/32 开本 2 印張 2 插頁 46 千字

1958 年11月第一版 上海第一次印刷(1—2250 册)

統一书号: 15143·1285 定价: (9) 0.28 元



出版者的話

我国工农业正在飞速發展，但目前电力工业的發展却不能滿足客觀形势的需要，在这种情况下，仅利用傳統的發電能源——煤和河水——已經不足以应付这种局面了，而必須千方百計地获得更多的能源。我国海岸綫長約一万多公里，蘊藏着丰富的潮力資源，这是沿海地区可以利用而且應該利用的重要能源之一。为了促进潮汐电站的建設和交流建站的經驗，中国科学院与水利电力部在1958年10月于上海召开了全国潮汐發電會議。为了更广泛地傳播經驗，會議決定将文件选編出版，供各地参考。

本書介紹几个已建成的小型潮汐發電站的設計和施工。會議上还介紹了广东順德大良潮汐發電站和上海市潮鋒潮汐电站，由于已另行出版專冊，故本書不再編入。

目 录

关于修建小型潮汐电站的几項經驗·····	
·····	全国潮汐發電會議(1)
集美太古潮力發電站的設計·····	廈門市水利电力局(10)
永平乡小型潮力發電站·····	江苏省如皋县水利局(35)
堡鎮港閘潮力發電站·····	江苏省崇明县水利局(50)
蚡口潮汐發電站的設計和施工·····	山东省水利厅水电局(56)

关于修建小型潮汐电站的几項經驗

在党提出了全党全民办电和实现农村电气化的正确方针后,啓發了沿海各地积极来利用潮汐资源,在目前农村生产大跃进形势下,兴办了許多类型的潮汐发电站;这些小型电站好处很多,一般都可以与当前的生产紧密结合(如广东大良电站即結合养漁、灌溉发电等),只要党委重視,领导带头,充分发动群众,依靠群众的集体智慧和力量就能很快建成;如广东的順德县,有一个潮汐发电站,只化了五天就建成了,而且运转正常。有的潮汐电站可利用原有建筑物或就地取材;如利用原有水閘作为进水建筑物或因缺乏鋼材而采用木制水輪机等。因陋就簡,不但能在建筑材料十分缺乏的情况下迅速建成,而造价也降低很多。由于群众参加了建造电站的工作,打破了过去对办电站的神秘观念,并且群众对于电站也产生了更亲切的感情。

这些电站的建成,取得了許多宝贵的經驗,一般都采用土法上马,土洋并举的办法,对今后各地大规模兴办小型潮汐电站很有推广价值,特归纳下列几个方面,以供沿海各省市今后兴建潮汐电站的参考。

一、政治掛帅,依靠群众,多快好省地 建設潮汐电站

当前工农业生产在飞跃前进中,群众对电力供应提出了迫切要求,这就为发动群众兴办潮汐发电站,特别是小型发电站提供了有利的条件。由于各地党委的充分重視,坚定不移地确定了开发方向,并且切实地加强了对这工作的具体领导,貫徹了政

治掛帥，思想發動，小型為主，服務生產為主和社辦為主的“三主”方針。通過大會動員，小會保證，現場指導和總結評比等方法，因而充分發動了群眾，克服種種困難，邊學邊做，以最短的時間，最少的投資，迅速建成電站，順利投入生產。

在建設蚡口電站時，山東省委書記處書記譚啓龍同志十分重視與關懷這項工作的開展，廣東順德縣委也堅信建設潮汐電站是“沿海農村電氣化的開端”；各地黨政領導不但在政治動員，組織力量，勘測設計，布置施工和現場管理等方面親自抓，而且在施工過程中親臨前綫，以身作則。如山東省榮城縣蚡口潮汐發電站在挖土時村支部書記帶頭下水，帶動了群眾，於是連婦女小孩都紛紛下水參加這一挖土工程；廣東順德縣委副書記在鷄州電站施工中，從開始一直到工程結束，始終堅持和群眾一起勞動。

由於思想發動工作比較深入，並且將當時當地的生產任務（插秧、種棉花）與建站任務緊密結合起來，統籌安排，把黨的號召變為群眾自己的要求，使群眾真正認識到這是與自己切身利益緊密結合的事業，因而自覺地積極投入建站運動。如順德縣倫教鄉建鷄州電站時需要勞動力 200 人，晚上動員，當晚群眾就自動報名，要求參加興建，並且超過需要；山東興建蚡口電站中泥水工人自動放棄有工資報酬的工作來參加建站義務勞動；上海潮鋒電站興建時，有一位七十多歲的老大娘在動員晚上立即自動挑磚獻磚，更證明群眾的潛力，如果發掘出來，是不可估量的。

在农村中興建電站，過去一般認為是神秘的东西，上海嘉定縣有個別群眾還認為興建潮汐發電站是不可能的事，不相信自己的力量。但最近許多潮汐發電站的興建，充分證明了群眾的智慧是無窮無盡的，群眾發動起來就能戰勝任何困難。如順德

县木工自己制造木質水輪机，完全合乎規格要求，而且工艺精巧，不比鉄質的差，使用至今，經過檢查，尺寸空隙沒有多大变化，現在已組織大批生产；上海潮鋒电站利用三合土代替水泥，也解决問題；广东省江苏省都利用原有水閘建站，减少許多建筑費用等等。在这些典型事例推动下，广东省已有13个潮汐电站建成，还有17个在兴建中；江苏省也有7个要兴建，其他沿海各省在能利用潮汐的地区，群众都跃跃欲試，迫切要求兴建小型潮汐發电站。

神秘观点打破了，一个全国性普遍开展潮汐小型發电站的兴建运动正在逐步展开中。

在目前物資技术供应緊張的情况下，依靠群众解决器材供应和施工技术是一个重要的关键問題，各地在这方面也有不少成就。如山东蚰口群众为建电站献出自己的磚石，門窗木料，甚至有人把自己准备盖房用的石料40条，全部献出来作建站用；各地群众在建站中提出了“要人有人，要錢有錢，要料有料，要啥有啥”的有力保証，农村的普通泥水工、木工、鉄工在建站中就成为出色的技工，他們解决了厂房土木建筑、基础处理、水輪机、傳动輪等机械設備，以及其他許多复杂的技术問題，把施工过程变为訓練过程，不但完成了建站工程，还培养出一批新的技术人材。

由于在技术供应上依靠了群众，使工期縮短，投資節約；如山东蚰口电站实际施工只化了11天，装机10瓩，投資只化了4000多元；上海潮鋒电站实际施工只有13天，装机15瓩，投資只化了9000多元。

与此相反，上海群明电站由于群众發动不够充分，仅依靠了国家投資，大部分石料是从苏州运来，雇工砌筑，而且群众沒有把建站看作是切身大事，單純是为国家来办，結果化錢30000元，

建成了發電仅 15 瓩的电站，每瓩合 2000 元，这是極不經濟的。

由于建立潮汐發電站大大地解放了生产力，促进了工农业生产的大發展，因而群众十分滿意，反映良好。广东大良潮汐电站兴建后，發電、碾米节省了大量的人力物力，过去用手工操作的毛巾厂、印刷厂、肥料厂都改为机器生产，养蚕等付业也增加了一造，晚間插秧有了照明，群众感到电站既經濟又方便；上海潮鋒电站建成后，又帮助群众解决了干旱时期的抽水灌溉的困难，晚上深耕有了照明，顆粒肥料加工也有电力，群众十分喜欢；山东漁民对蚶口电站很滿意，霧天回港也不会失迷方向，妇女劳动力从磨旁解放出来，她們說：“点灯不用油，推磨不用愁”，老大爷高兴得看到了共产主义的远景，衷心歌頌社会主义制度的优越性，山东在蚶口召开現場會議后，各地自报在今年要兴办的电站（10 瓩—60 瓩）的有 32 处，自动前往蚶口參觀的群众有一千余人，有人以大字报形式歌頌了电站：“海水大自然，历来无人管，党的指示好，到处电站搞，征服大自然，为人造福源”。广东大良水电站建成后，十余批华侨前往參觀，在国外有良好的政治影响，許多华侨自己捐錢修建了鷺州潮汐發電站，并动員自己家屬劳动施工，这是有巨大政治意义的。这种以生产为中心，又为生产服务的电站，在人民心目中展开了无限广闊而美好的共产主义远景，大大地鼓舞和促进了人們建設社会主义、共产主义的積極性。

二、全面规划，充分發揮潮汐电站的綜合效益

兴建小型潮汐电站，必須考虑全面結合綜合利用的經濟效益；广东省順德县在规划潮水河的小型潮汐电站中，貫徹了全面

結合綜合利用的規劃方針；建电站主要为地方工农业生产服务，在規劃中明确要求，首先实现經濟作物（甘蔗，蚕桑等）的蓄水灌溉水位标准化，稻田作物排灌自流化，河涌（即河汉）魚塘化、水力电气化，从而获得巨大的經濟效益，这是一条很重要的經驗，他們的做法如下：

順德县在第一联圍（一个 155,000 亩耕地面积的灌溉区）內，首先进行了全面規劃，在 1958 年 4 月 4 日起，逐步付諸实现；第一联圍灌区内，利用旧河涌作蓄潮的河道面积共有 5662 亩；以装机容量 144 瓩的大良电站为系統的中心，規劃三个蓄水池，高水池河涌面积 1478 亩（975,830 平方公尺），低水池河涌面积 2654 亩（1,770,220 平方公尺），調节水池河涌面积 1510 亩（1,007,170 平方公尺）。总共兴建了大良电站容量为 144 瓩，鷄州电站容量为 30 瓩，大門潘电站容量为 15 瓩，黄麻冲电站容量为 15 瓩，桂畔海电站容量为 20 瓩，信教电站容量为 80 瓩，6 个潮汐电站总容量为 304 瓩，計算年發電量約有 1,414,400 度，按目前地方电力售价的 40% 計，每度水电售价 0.18 元，年收入将为 254,600 元；除去維持費用，年收益达到 203,600 元；6 个电站的造价，已建成的 3 座共投資 172,000 元，施工中 2 座估計投資 49,500 元，未建的一座設計投資 7,000 元，共投資 228,500 元，由于貫徹了多快好省，土法上馬的方針，單从电站本身每年电价收入，在一年多一点的时间，就可以收回全部的投資。

由于潮力發電的規劃是結合农业蓄水灌溉，扩大淡水养魚面积，改善交通航运来考虑的，整个規劃还需兴建一些附屬的工程，这些附屬工程都在原有水利工程的基础上加建和改建。附屬工程項目和投資計有：（一）增加蓄水開門共寬 14.4 公尺，投資 68,400 元；（二）改建船閘 2 座投資 70,000 元；（三）新建船閘一座投資 45,000 元；（四）改建調节池节制閘一座投資 35,000

元；(五)桂畔海堵江土壩土方 200,000 公方，勞動力折價投資 110,000 元，則共需用在附屬工程的投資為 328,000 元。完成這些工程後，將收到如下的效益：(一)6 個電站全年投入運轉的收益 203,600 元；(二)增加河道淡水養魚面積 5642 畝，以 1958 年為例，每畝放養了魚苗 2000 尾，則每畝可收穫大魚至少 450 斤，全年可撈魚 25,789 担，收益 761,670 元；(三)灌區內魚塘面積約 42,000 畝，由於蓄潮後，塘內水位普遍提高了 80 公分至 1 公尺，增加了單位養殖體積，每畝可多放養魚苗 20—25%，則每畝年可增收魚產 84000 担，增加收益約 2,520,000 元；(四)灌區內蔗地 19500 畝，由於蓄潮後，提高水位，改善了甘蔗桑葉的用水灌溉，據 1957 年試驗成果，甘蔗每畝可增產 2,000 斤，則甘蔗可增收 3900 萬斤，可增收 408,000 元；(五)由於灌區河道內增加了水深，改善了河道上航運的運載量，以及低水區稻田作物排水灌溉的改善，同樣帶來了有利於生產的條件。

從上面所算的一筆經濟效益賬，工程完成後第一年農業生產帶來的增加收益就達到 $3,893,270 \text{ 元} - 556,500 \text{ 元} = 3,336,770 \text{ 元}$ ，第一年收益即為全部投資的六倍，效益是非常顯著的。這是一條很寶貴的經驗，它給廣大的農村帶來了電氣化，帶來了更高的產量，更大的豐收，這是在黨的正確領導下全國總路線光輝照耀之下，打破迷信，解放思想，敢想敢干所創造的豐富的收穫，值得全國各地規劃潮汐開發方案時，作為參考並作為建設潮汐發電站的方向。

三、就地取材，利用原有水工建築物， 降低潮汐電站的建設成本

小型潮汐電站為了建得快並減少投資，必須充分利用當地材料和原有建築物，以便降低電站的造價，節省人力。已建成的

潮汐电站也都采用了这个办法,如广东順德县的潮汐电站,利用祠堂拆下来的旧木材做水輪机,不但降低了造价同时也加快了电站的建筑速度。該县装有的 60 匹馬力的水輪机都是木制的,只有水輪机軸与皮带盘是鉄制的(20 匹馬力以下的还可用木質立軸)。

福建厦門集美水电站,該处附近花崗石出产丰富,閘墩、桥梁隧洞及渠底和渠道护坡等,均采用砌石建筑,不但美观大方,而且节省了大量鋼筋混凝土。上海市的潮鋒电站,也大部利用旧磚石筑成进水泄水的水閘和厂房。广东也大量利用旧条石建筑水电站基础和閘墩。

上海市的潮鋒电站,充分利用旧磚旧木,砌成桥面下的厂房及閘墩与底板。

江苏如皋永平乡潮汐电站除底板外,全部采用木結構,加快建筑进度,投資仅及磚石結構的 1/4。

山东蚰口电站利用当地丰富的石条,建筑物全部都用石制。

广东省順德县鷺州水电站利用当地已建水閘作为进水泄水閘門,在閘旁建筑电站,这样不但减少了工程量,同时也不破坏原有工程的效率。今后該县将大力推广利用原有水閘建筑成潮汐电站。順德县 3 公尺以上寬度的水閘有 628 个(其中有不少是多孔的)都将加以利用。

上海市的潮鋒水电站,建筑在旧有的徐家桥桥下,利用桥墩作为边墩,桥面板作为厂房頂,电站与桥梁合而为一。

江苏崇明县堡鎮港閘潮力發电站利用旧有閘孔,建成升降式的“冲击式”水电站(近于利用流速發電的自流式电站)。

上面这些例子不但說明利用旧有建筑物能够迅速建成潮汐發电站,順利投入生产,而且可以充分發揮原有建筑物的潜力,节省許多土木建筑材料,解决了施工中許多困难。

四、因地制宜，合理地选择电站运行方式， 满足目前农村用电要求

小型潮汐电站运行方式的选择，是建设小型潮汐电站一项重要的问题。由于潮汐涨落的自然规律而产生的水位过程，使潮汐电站出力不稳定，产生间歇和一定期间内停电的缺点。在农村的小马力潮汐电站，以农产品加工为主要目的，这个影响是不很重要的，可以安排加工时间来适应潮力的变化；这样可以建成单水库单向或双向运转，可以节省造价，简化工程。广东顺德兴建了一批 5 匹至 10 匹马力的水力站，采用很小面积的蓄水库，简单的结构型式，每个潮可以利用 3—4 小时，作为磨粉，切饲料等动力之用。

至于那些必须考虑到供应照明和地方小工业动力，要求获得比较稳定出力，机组运转时间较长的潮汐电站，我们认为广东大良潮汐电站双水池方式和上海潮峰水电站单水池控制蓄水运行时间方式是比較好的經驗。

广东大良潮汐电站（安装 48 瓩水轮机三台）采用双水池双向运转方式；双水池一个是高水池，一个是低水池，利用原有防洪水利工程的水闸闸门控制潮水进出，并随时可以适应农业生产的需要，改变高低水池方向。高水池当涨潮时，放开闸门蓄至最高潮水位，退潮时把门关闭。低水池于最低潮谷时，放开闸门，排出池内水，至最低水位，涨潮后，关闭闸门。这样可以获得最大的潮差，供给机组运行，不受潮水涨落影响。大良潮汐电站，由于需要分担县城的峰荷和供应地方小工业部份用电，所以采用了这个方法，可以 24 小时发电，但这种运行方式还存在一些缺点，就是由于双水池多占了一个水池的面积，装机容量相对地降低了，同时每年六七月间当干河上游洪水下洩，水位很高，并且

持續一定時間，這樣每年也要停電十多天。但按全年有效運轉時間比較，還是經濟效益較大的，這也是小型潮汐電站解決穩定性運行的可行方法。

上海潮鋒潮汐電站是采用單水庫双向布置型式，電站運行方式存在如下特點：（一）不能連續發電，有間歇時間，而且間歇時間每天也有變化；（二）水量調節全靠電站的閘門進行操作；（三）電站出力隨潮汐水位變化而變化。潮鋒水電站為了要使白天用作動力加工與晚上照明用電能很好結合（晚上照明要控制在一定時間用電），採取了兩個辦法：（一）照顧晚上照明用電時間，適當改變白天加工用電時間；（二）縮短每一個全潮總的發電時間，即間歇時間延長，以盡量調節水量抬高發電時水頭，增加出力。潮鋒電站從十月一日在運行管理上採用了如上措施，比較好的滿足了照明與動力用電的要求，這是單水庫潮力電站運行中根據潮水特性，加以調節控制的比較好的經驗。

全國潮汐發電會議

1958年10月25日

下列會議資料可以參考：

- （1）廣東省順德縣小型潮汐電站經驗總結。*
- （2）廣東省順德縣潮水發電站結構型式彙編。***
- （3）上海市潮鋒、群明潮汐電站。***
- （4）蚡口潮汐發電站建站工作總結（附圖）。

* 見“怎樣建設潮汐發電站”，水利電力出版社。

** 本書即由水利電力出版社出版單行本，全國潮汐發電會議叢書之一。

*** 本書由上海科技衛生出版社出版。

集美太古潮力發電站的設計

廈門市水利電力局

一、緒言

利用潮力發電，其原理與一般水力發電相同。只因海潮的漲落，有着周期性的變化，每日各有二次漲落的循環，變化幅度又有大潮小潮的分別。因此利用潮力發電，必須先解決這種不穩定水頭，時間上間歇性的問題。如果潮力電站，是參加某一電力系統運行，僅負總功率的一部分則可解決這一缺點，否則只有採取蓄能一途。大容量電力的蓄能，如採取蓄電池式蓄能，是不經濟的，因設備的折舊費用很大，同時使用效率因經過反復充放直流電轉變為交流電多方轉變，損失甚多，其可以被利用的功率也就打了很大折扣。

利用抽水蓄能的辦法，也可以解決使用運行問題，但其效率仍是不高，因第一次出力後必先經抽水機，然後再經水輪機，多了二重的損耗，一般效率只可達 50~60%，在設備投資中又多此二重的機械設備，而且還要有一儲量相當大的水庫。雖然如此，這些設備的折舊費用，與電池蓄能相比較則是很低的，並可以一勞永逸，則是它的優點。但是有些地方受地理限制，如無高地及大面積地方可作蓄水庫，則這一辦法仍是無法實施。

潮力發電之所以不能很廣泛採用，並非技術問題，主要還是經濟上的權衡利益問題。除以上所述的機械設備須二套水輪機與抽水機而外，尚須具有一個極大容量的吞吐水庫。這種水庫可利用海灣筑成，在海灣的口筑一長堤，攔截水流，使水庫能

放空及充滿。這也是一筆很大投資。但若地理上之條件甚佳，海灣成為瓶口狀，築海堤不長就可以得很大容積儲量，則可收事半功倍之效。

鷹廈鐵路經過杏林港，已將港口築堤攔截。現在利用這現成的工程來發展潮力發電，是可以省却建築海堤投資的。但因此堤系用塊石堆成，目前尚能泄水，海潮全部的落差不能充分利用，設計水頭無法超過 3 公尺。雖則要求所發功率不大，但因水頭低所有的機械設備卻顯得過份笨重又體形龐大，這是這個工程主要缺點。雖然如此，缺點與優點對比，優點仍是主要的、肯定的，缺點在技術上均可克服，所以建設這個潮力水電站仍具有很大的效益。

二、潮力水電站設計依據

1. 自然條件概述

廈門島四周潮汐的漲落是相當高的，在歷史上最高的記錄可以達到標高 7.73 公尺，在平時一般可至 5—6.5 公尺左右。每一年中以陰曆 1、8、9 月份中潮最高，其他月份較低。而在每一月中以陰曆月初及月中潮最高，初十、十一、十二、二十三、二十四、二十五各日潮最低。在高潮期間不但潮水漲得高，而且也退得低，所以淨落差就大，反之就小。如依據這種條件可利用的落差約為 3—5 公尺，但要將吞吐的水庫充分放空及灌滿才可以得到。現在系利用現有海堤，堤的泄水沒有堵塞（截流的投資太大）。可利用的落差，根據港內外的潮位差最高記錄，可達到 3.96 公尺。茲將情況說明如下。

集美海堤將杏林港截斷，使內港形成人工的大水庫，容水的鏡面面積約有三萬多亩，約折合 2 千萬平方公尺。若港內水位

每升高 1 公尺或降落 1 公尺, 就須要排出或充进 2 千万公方的水量。在水压不高, 時間又短的情况下, 要排泄这么多的水量是不容易的。因此內港的水位, 受了海堤的阻塞, 起着抑制調节的作用, 因此变得很稳定, 每天均保持在标高 4 公尺上下之間。虽然受着外潮漲落的影响也有漲落变化, 但幅度不大, 約在 0.6 公尺左右。現在就是按这一特性利用內港与外港的水位差而得到动力。(參閱圖 1、2)。

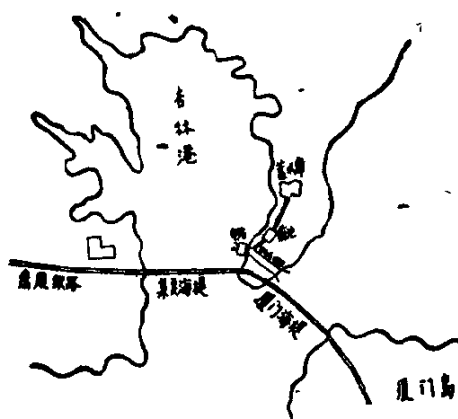


圖 1. 总体布置略圖

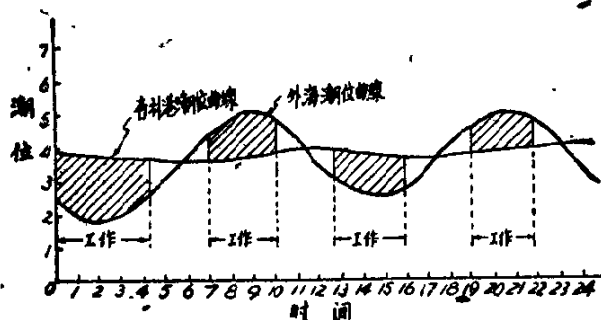


圖 2. 外海、杏林潮位变化, 进行工作情况

2. 水位实测记录的分析

在建筑海堤的前后時間內, 对海堤内外港的水位变化均有按时(每 15 分鐘一次)的詳細記錄。根据資料看来, 在漲潮时外港对內港的水位差最高可达 2.69 公尺, 在退潮时內港对外港最

高水位差可达 3.95 公尺。同时潮汐發生是每天推延約 50 分鐘，主要退潮至回潮此一段時間比較長（也就是說內港的水流入海的時間比海水流入內港的要長一些。）在电站装設后，并不会因电站用水流出增多而降低內港的水位。因其中尚有一特殊情况，使內港的水位保持不变，即內港中的杂草浮物自四山匯集，均阻塞积于海堤內側标高 4 公尺以下的石縫中，4 公尺以上仍有較大的縫。当来潮漲至 4 公尺以上时即可补充損失之水量。以目前開發量平均每秒用水 50 公方，水位可能受变动的部份仅达总落差的 2.5%，故可保証当电站装置后內港的水位仍保持恒定不变。不但如此，估計以后情况更会因石堤的縫被阻塞更甚而使內港保持更高水位，这对电站說来利益更大。

根据水文資料，在一月中，阴历月初附近数日之潮力可發功率，与初十、二十四左右潮力可發功率两相对比可差三倍。若要充分利用，則蓄水庫的容积不是日調节，而应采用旬調节了。这样，水庫的容积需要很大，在附近是沒有这种条件的。因此只有做成日調节，以平衡每日負荷。而設計却又要以低潮可能得到的水位作为标准，采取較低的落差，使用較大的流量，所幸流量是足可以尽量取用的，可是須顧及水工建筑物之造价，水量亦不能盲目取得太大，否則，会得此失彼的。分析結果可利用之水头以 2 公尺为正常工作水头，最高达到 3 公尺，起始工作水头为 0.8 公尺。

3. 開發功率

以目前現有的潮力条件，可以開發的功率是很大的。但为了不通过鉄路綫，并且又拟建厂于集美这一边，因此受着地理上的限制，大量的開發是有困难的。本电站只是供应学校自用及部份市鎮用电，那么 200—250 瓩的电力已可足敷今后数年内發