

潮汐发电

李凡

(一)

以潮汐水位变化作为动力进行的发电称为潮汐发电，也称潮力发电，或海潮发电。

所谓潮汐现象是指大洋水体受太阳和月亮的吸引而发生的水位有规律的变化。这种变化，在大洋中只有几十公分，但是，当潮波传到岸边的时候，特别是在某些海湾和河口等处，由于海底地形和海岸轮廓等因素的影响，水位变化的时间和幅度极为复杂。有些地区，高潮和低潮水位差达几米至十几米。例如，大西洋沿岸美国和加拿大交界处的芬迪湾，潮差最大可达18米。名闻世界的我国钱塘大潮，潮差在激浦附近亦达9米左右。海洋中蕴藏着无穷无尽的潮能资源，据有人估计，如果只利用其中的一部份，就可以获得数十亿千瓦的电力，相当于美、苏、英、日、法、西德，加拿大等国家（1956年）发电总和的十几倍。这一巨大的资源，一直在吸引着有关人员的兴趣，特别是在原有能源逐日减少的情况下，利用潮汐能就更为重要了。

潮能的蕴藏量一般是按下式进行估算的。对于半日潮来说：

$$\text{全潮天然藏量} = 9.81VA/12.4 \times 3,600 \text{ (千瓦)}$$

式中，A为平均潮差（米），V为高潮和低潮之间的容量（立方米）。如果令平均潮面的面积为F（平方公里），则理论天然藏量：

$$\text{出力} N = 220A^2F \text{ (千瓦)}$$

$$\text{年潮汐能量} \Theta = 1.92 \times 10^6 A^2F \text{ (度)}$$

符号同上。

千百年来，人们就一直在设法利用潮汐能从事生产活动。根据记载，十五世纪初，便出现了利用潮汐能来推磨，之后，不但潮水磨逐渐流行，而且，还用来从事锯木、吊货、以及粉碎岩石等多项生产活动。随着电力工业和机械工业的迅速发展，于上世纪末，法国工程师 Knobloch 曾经提出了在易北河下游，用修建蓄水池的方法兴建潮汐发电站的设计。1913年，Pein正式在诺德斯特兰德岛和大陆之间建立一座潮汐发电站，并且在胡祖姆建起电厂，于第一次世界大战期间开始发电，从而把人们几百年来利用潮能的美好幻想变成了现实。战后，欧、亚、美不少国家陆续出现一些大型潮汐发电站的设计，由于当时的技术条件及其他因素的影响，都没能实现。

(二)

潮汐发电不同于火力发电和一般的水力发电。它有自己的许多特点。首先，它的水头比通常水力发电的水头小得多，它是“低水头、大流量”。在这种情况下，一般的水轮发电机组是不适用的，必须制造新型的水轮机。其次，由于潮汐涨落的幅度是随着时间而发生正弦曲线式的变化，因此，当实际水头低于设计发电水头时，便不能发电，从而出现发电时间的间断现象，影响了使用效果。第三，涨潮和落潮时，水流方向相反。人们为了充份利用潮能，进行了精心的研究。五十年代初，法国首先发明了一种贯流式水轮发电机组，保证了低水头情况下的正常发电。与此同时，不少国家的科技人员也提出了多种兴建潮汐发电站的方案。就其类型来说，可分以下几种：（1）单效应潮汐发电站，指单库单向型。就是说，发电站只有一个蓄水库，涨潮时，打开进潮闸门，放水入库，高潮憩流时关闭闸门。落潮时，待到水库内外有一定水位差的时候，起

动水轮发电机组即可以发电。(2) 双效应的潮汐发电站, 指单库双向型。这种类型既可以利用涨潮发电, 也可以利用落潮发电。(3) 双库型潮汐发电站, 指电站有两个水库。它又可分成两种, 一为联合型, 一为分开型。联合型双库潮汐电站, 是将一个水库作为蓄能水库, 另一个作为发电水库。当发电水库内的水位与库外水位差不断缩小的时候, 蓄能水库便不断向发电水库内供水, 这样, 不但能够保证发电有足够的能量, 而且也能延长发电的时间。分开型的双库潮汐电站是, 一个水库用于涨潮发电, 另一个用于落潮发电。此外, 德福尔和 A·卡果还提出过三库型潮汐电站的设计, 据说可以得到固定的功率而不需要附加调节电站的设备。但是, 由于施工复杂, 尚未应用。关于各类潮汐发电站的利弊, 众说纷纭, 何种较好, 应据建站的具体条件而定。目前较为普遍的是利用单效应的单库单向型。例如, 著名的法国朗斯潮汐发电站即是。我国也多采用此型。但是, 在条件适宜的地区, 也有采用双库方案的, 例如, 在我国的乳山口、射阳河口设计的中型(装机容量大于1,000千瓦)潮汐发电站等都属这种类型。实际上, 只要能够和火电、水电、或者原子能发电站并网, 联合调节, 潮汐发电的间断性缺陷是可以弥补的。

(三)

根据不断扩大能源的要求, 近20多年来, 世界上不少国家都在积极着手筹建潮汐电站。有些国家已经做出了显著成绩。

法国的朗斯潮汐发电站, 是目前世界上已经建成的最大的潮汐电站(见照片), 1967年竣工, 总投资相当于人民币3亿元。年发电量5.44亿度。

朗斯潮汐电站在法国西部圣马洛港上游约2公里处的布里安太斯角和伯雷贝斯角之间, 这里大潮潮差为10.9米, 最大13.5米, 利用水库面积22平方公里, 河水水深12—25米左右, 电站坝高12米, 长750米, 装有10,000千瓦的可逆式水轮发电机组24台。该站采用了贯流式水轮机(横放的卡普林式水轮机), 发电机装在不透水的铁壳内, 里面充满油或空气。整个外貌象个潜水艇, 末端有大螺旋桨, 螺旋桨固定在回转轴上。潮水推动水轮机的螺旋桨, 顺次转动发电机发电。该站属单效应的潮汐电站。落潮时, 由一组水泵向库内注水, 提高水位差, 从而延长涡轮机的工作时间(约10—15%)。

继朗斯潮汐发电站之后, 法国计划, 将继续设计和兴建潮汐电站(预计年发电量1,500,000万千瓦小时), 松姆潮汐电站(100,000万千瓦小时), 布勒斯特潮汐电站(90,000万千瓦小时)等五座大型潮汐电站。

苏联在30年代就开始筹建潮汐电站, 1968年, 第一座实验电站正式投产。该电站位于巴伦支海的基斯拉娅湾。这里大潮潮差为4米左右, 装机容量800千瓦, 供取暖使用。他们的经验是, 预先把潮汐发电站所需要的零件生产好, 运到现场安装。在电站附近挖一个大坑, 修建一个“旱船坞”, 用混凝土建一座可以浮动的大房间, 里面装好总的设备, 下面有水平安装的管道涡轮机。组装好以后, 用浮筒将它浮起, 并用拖轮拖到建站的海底固定。这样可以简化施工程序, 节省投资。

为了进一步加强对潮汐电站的研究, 在基斯拉娅湾附近建立了潮汐发电站研究中心, 并先后提出了一个庞大的发展潮汐发电站的计划。其中, 最大的是靠近白海的梅森联合潮汐电站, 设计坝长100公里, 安装2,000台涡轮发电机, 预计年发电量25,000—36,000百万千瓦小时的电力。

英国早在1918年便提出过建立潮汐发电站的计划, 1933年正式研究设计了塞文河口潮汐电站, 1945年公布了设计方案, 后又陆续修改。塞文潮汐电站位于英格兰岛西南部的塞文河口, 潮差6米左右。预计装机容量80万千瓦, 年发电量23亿度。有关部门认为, 这里以兴建单库落潮发

电为宜，并计划与火电并网联用，因此，无需象朗斯电站那样向库内抽水。

此外，美国和加拿大合作进行了 Passamaquoddy 潮汐电站的研究（预计为 60,000 万千瓦小时），阿根廷在圣约瑟湾也将兴建 1,000,000 万千瓦小时的潮汐电站等（见表）。

（四）

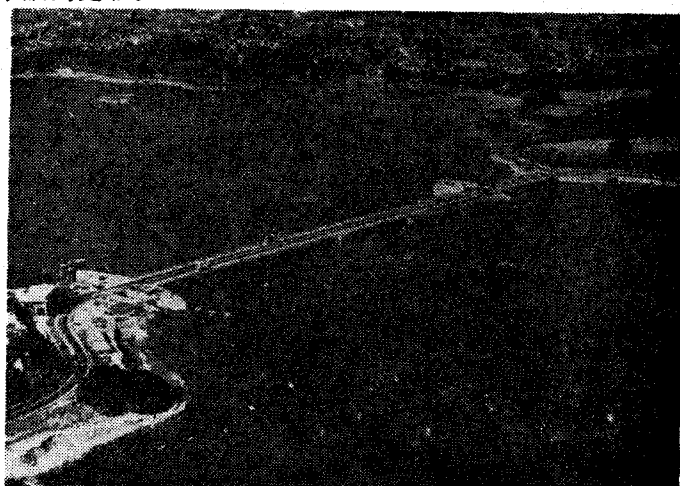
我国大陆海岸线长 18,000 余公里，这里蕴藏着极为丰富的潮能资源。据有关部门估算，总藏量为 2,750 亿度，可供开发的总装机容量约为 3,600 万千瓦，每年可发电 900 亿度。这批巨大的能源是我国社会主义建设的宝贵财富。

1958 年，我国曾经掀起了轰轰烈烈的群众性兴建小型潮汐电站的热潮，建成了许多小型潮汐电站，例如山东的蚬口潮汐电站，上海的潮峰潮汐电站，以及广东顺德县，福建、江苏、辽宁等沿海地区都有。他们用发出的电引水浇田，推磨、打粮，还用水库养殖鱼虾等，一派生机勃勃的景象。与此同时，有关部门还组织了中型潮汐电站（例如，山东的乳山口，丁字湾；辽宁的大洋河口；江苏的射阳河口，吕泗港；福建的杏林港等等）和大型潮汐的电站（如钱塘江口，胶州湾等）的调查研究和勘测设计工作。

随着我国工农业的发展，近年来，沿海地区的群众又兴建了许多潮汐发电站。1973 年，山东乳山县海阳所公社建成了金港潮汐发电站。该站装有 40 千瓦的（木质）水轮发电机组 3 台，总装机容量 120 千瓦。设计水头 1.4 米，库区面积 1,500 亩。此后，该县又建起了白沙口潮汐发电站，装机容量 960 千瓦。此外，江苏、浙江（温州湾内）都在着手兴建各种类型的潮汐电站。

经验证明，潮汐电站建成以后，有关问题如不及时解决，势必影响电站的正常运行，蚬口电站即是一例。值得注意的是，金港电站运转才不满六年，便奄奄一息了。查其原因，一是木质水轮机的调速筒被船蛆蛀坏，导水叶片长满藤壶，不能继续使用；二是未能与火电并网，使用不便，因而不好经营。实际上，上述问题，只要领导和有关部门予以支持、协助是不难解决的。否则，国家财产、群众的血汗付之东流岂不可惜！

潮汐电站的产生虽然已有几十年的历史，但是，许多问题仍在探索之中。对于我国来说，还是个新生事物。目前，在广大农村电力供不应求的情况下，大力发展小型潮汐电站，将在实现我国四个现代化过程中发挥良好作用。相信，不久的将来，一座座潮汐发电站，定会在我国绵延万里的海岸线上放出耀眼的光彩。



图为法国朗斯潮汐发电站

计划建造的潮汐发电站

设 计	国 家	平均潮高		坝 长 (米)	池 面 积 (平方公里)	年 生 产 电 (百万千瓦小时)	安 装 功 率 (兆瓦)	涡轮机	备 注
		高潮 (米)	低潮 (米)						
Lumbowskaja guba	苏联	5.6	3.2	500	70	1,000	400		
Mesen 河口	苏联	5.6	3.2			2,500	1,300		
Kuloi 河口	苏联	5.6	3.2			1,000	500		
Mesen-Komplex	苏联	5.6	3.2	100,000	6,800	25,000...36,000	12,000...14,000	2,000	30米深
Ust-Penshino	苏联	14		12,000			650		坝高30米=5,000万方石子
Jelistratow 半岛	苏联	14		29,000			数千		坝高42米=1.5亿方石子
Archangelskaja guba	苏联						1,000		
San-José 湾	阿根廷	7.2	4.7	7,000	750	10,000	2,000	376	15米深
Severn	英	12.2	6.8	2,000	44	2,365	800	32	10米深
Peticodiac	加拿大	12.7	9.2	4,270	118	1,600	210	30	15米深
St. Michel/Chausey	法	12.6	6.0	34,000	500	15,000	3,000	18	20米深
Somme	法	8.5	5.0	5,100	50	1,000			
Brest	法	6.0	2.9	3,460	92	900			
Arguenon/Lancieux	法	10.5	5.0	6,300	28	850			
Lorient	法	4.3	2.2	750	16	240			
Passamaquoddy	美	6.4	5.0	各种的	120	600	125	10	40深