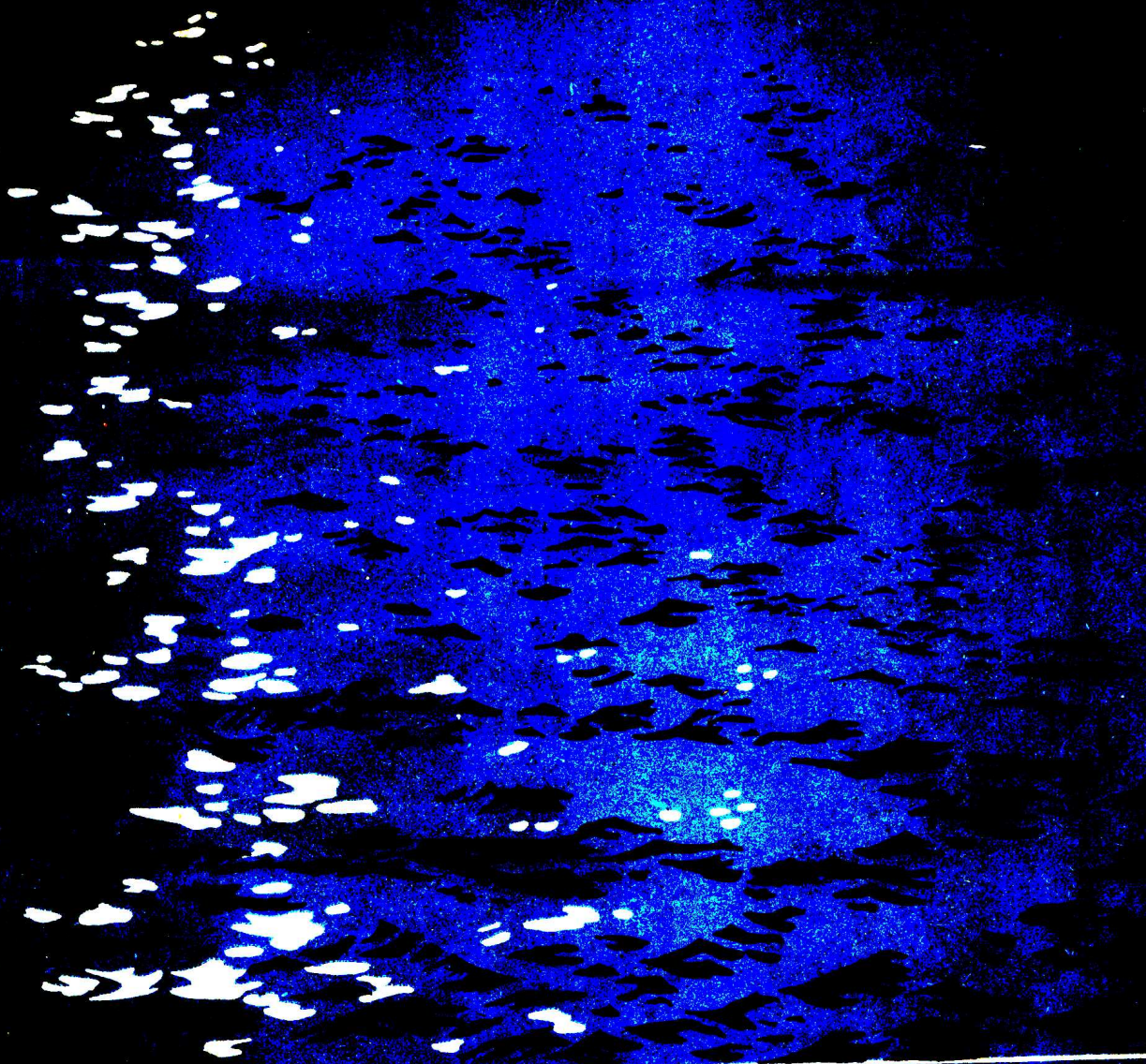


海洋能源

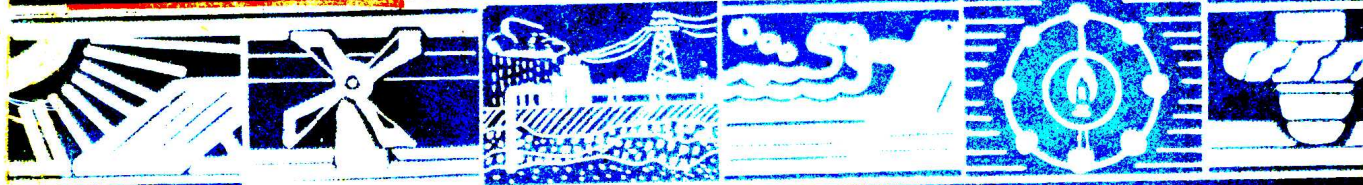
HAI YANG NENG YUAN



新能源

专题资料

XIN NENG YUAN



海 洋 能 源

中国科学技术情报研究所重庆分所
新 能 源 编 辑 部

科学技术文献出版社重庆分社

海洋能源 (新能源专题资料之二)

中国科学技术情报研究所重庆分所 编辑

科学技术文献出版社重庆分社 出版

(重庆市市中区胜利路91号)

四川省新华书店重庆发行所 发行

科学技术文献出版社重庆分社印刷厂 印刷

开本: 787 × 1092毫米1/16 印张: 5.25 字数: 14万

1981年2月第一版

1981年2月第一次印刷

科技新书目: 188—147

印数: 1600册

书号: 15176·492

定价: 0.60元

在编写和翻译这本专题资料的译校工作中得到以下同志和单位的帮助：唐学鸿校《水中浮体支撑的波浪力装置及其运行》，张元聚译《浓度差能的开发》，贡炳生和白子培校《海洋表面波浪动力资源的估算及讨论》及《波浪能转换列可利用的风波波力》，自贡东方锅炉厂军工组校《海水温差发电动力系统》，谨此致谢！

中国科学技术情报研究所

重庆分所 新能源编辑部

编 者

海洋能源

1980年

新 能 源 专 题 资 料 (二)

目 录

海洋能源	(1)
波浪能源	
国外波浪力发电的发展和研究概况.....	(4)
海洋表面波浪动力资源的估算 (讨论)	(12)
波浪能转换列可利用的风波波力.....	(21)
波浪能计算列线图.....	(25)
水中浮体支撑的波浪力装置及其运行.....	(26)
日本海洋科学技术中心的波浪力发电机.....	(33)
潮汐能源	
潮汐发电.....	(40)
法国朗斯潮汐电站灯泡式水轮机运行经验.....	(42)
法国朗斯潮汐电站运行近况.....	(51)
加拿大芬地湾建立潮汐电站的可能性.....	(53)
海水温差能源	
海水温差发电近貌.....	(58)
海水温差发电展望.....	(63)
海水温差发电动力系统.....	(70)
其它形式	
盐浓度差能的开发.....	(76)
海流发电.....	(81)
冰洋发电站.....	(82)
海洋能农场.....	(82)

海洋资源与海洋能源的概念——海洋面积辽阔，共有三亿六千万平方公里，约比陆地面积大一倍多。海洋平均深度为三千七百九十五米，总体积约为十三亿七千万立方公里。如此巨量的海水中浮游着铀、重水和锰矿瘤等资源，而且在广阔的海底下还蕴藏着石油和煤等丰富的能源和矿产资源。我们称这些资源为“海洋资源”。

本书要讨论的海洋能源并不包括上述资源，也不包括海底下蕴藏的“常规”能源，诸如海底石油、煤等。所谓海洋能源，在这里是指在海洋中由大自然现象所形成的可再生能源。

海 洋 能 源

我们生活的地球上，海洋面积占地球表面总面积的71%。辽阔浩瀚的海洋自古以来就吸引着人们。

一切自然现象都必将造福于人类。海洋的波浪、潮汐等等，千万年来自由自在地横冲直闯，令人望而生畏；而随着科学技术的发展，今天也开始为人类造福。为满足能量消耗日益增长的需要，人们已经着手探索、开发和利用海洋能源。

海洋能源主要包括波浪、潮汐、海水温差、海潮流、盐浓度差、冰水温差和海洋生物物质等几个方面。这些能源在形式上是有差异的。波浪、潮流、海流、冰块移动和潮汐的潮差为机械能；海水温差和冰水温差为热能；盐浓度差为化学能；浮游生物、海草为生物质能。

目前，世界各国有关海洋能源的研究和利用仍处在初级阶段，下面我们简单介绍各种形式能源的发展现状及存在的问题。

(一) 波浪力发电

波浪力发电的研究是近百年来才开始的。研究的国家主要有日本、英国、新西兰和意大利等。目前已提出了几百种巧妙而有趣的发电装置，小型发电装置和海上灯标等已经实用。在英国和日本正在进行几十千瓦，

甚至更高能级的试验，如日本“海明”号波浪力试验船等。

波浪力发电的研究中，主要涉及转换装置、锚系、结构负荷、发电机出力的选择、电力输送或蓄能、波浪参数的确定和环境等七个方面的问题。目前各国正集中研究的装置有空气透平式和点头鸭式等十几种。

波浪力发电的特点是装置结构简单，投资少，不污染环境，有利于防洪、灌溉、航运和水产养鱼等。问题是容量小，位置分散。

上述的这些特点，就我国国情来说，宜加以充分利用。因为我国有辽阔的海域，沿海工业发达、人口稠密、岛屿众多，具备建立波浪力发电站的优良条件。我国解决能源问题的特点是：必须考虑调动地方积极性，加强能源管理，挖掘潜力，节约现有能源，同时要因地制宜，开发新能源，以期达到投资少、效果大的要求。而波浪力的开发和利用，正是解决我国能源问题值得推荐的一种方式，特别是在缺煤少油，和水力资源不丰富的浙江、福建等沿海地区，开发利用波浪力尤为适宜。

(二) 潮汐发电

据初步估计，世界海洋潮汐能约有10亿

千瓦以上,每年可发电12400万亿度。潮汐发电不受洪水、枯水的影响,特别是缺煤少油和河流水力资源不丰富的沿海地区更有开发意义。

潮汐发电站按运行工作原理可分为单向(只利用落潮放水时池内外的落差发电)、双向(利用涨潮进水和落潮放水发电)两种,而按水库的总体布置形式又可分为单库、双库及复式(也称为链式)等三种。

目前研究潮汐发电的国家较多,主要有法国、加拿大、苏联和美国等。但建成大型电站并取得经验的不多。已运行的最大电站是法国的朗斯潮汐电站(1966年开始投运,双向式,总出力24万千瓦,年发电量 540×10^6 千瓦·小时)和苏联的凯斯拉雅湾潮汐实验电站。目前潮汐电站发展缓慢,其存在的主要问题是:海工建筑物结构型式和施工方法、松软坝基的处理、防渗、抗御台风影响、机组制造材料和结构、灯泡式水轮机的运用及防腐等。同时也因建站投资太大的缘故。

我国有丰富的潮汐资源,尤其江苏、山东和浙江等省,不仅储量丰富,而且建站后可使我国能源布局更加合理,且可减少燃料运输。

我国已陆续在以上各省开展潮汐发电站的研究,建成了很多小型试验性电站并取得了一些经验。1978年8月1日建成并投运的山东省乳山县白沙口潮汐电站(单机160千瓦,总装机960千瓦,现装机320千瓦)。1980年又建成了江夏试验性潮汐电站(6×500 千瓦)。

(三) 海洋温差发电

海洋温差发电是利用海洋热能的一种发电方式。以海洋受太阳加热的表层海水($25 \sim 28^\circ\text{C}$)作为高温热源,而以 $500 \sim 1000$ 米深处的海水($4 \sim 7^\circ\text{C}$)作为低温热源,由热机构成热力循环系统进行发电。

辽阔浩瀚的海洋在受阳光照射之后,吸收了大量的热能,给人类提供了一个获取能

量的广阔领域。特别是在低纬度的海域如巴西、古巴、安哥拉、印尼、我国台湾省和南海等海域,是利用海洋温差最有利的场所。

世界上研究海洋温差发电的国家主要有法国(后中断)、日本和美国等。研究的系统型式主要分为开式和闭式循环两种。研究的问题主要集中在工质(氨、丙烷和氟利昂)的选择,管道大小的选择和绝热,以及提高循环和汽轮发电机的效率等问题。一千瓦左右的海洋温差发电装置现已发电成功。美国夏威夷的50千瓦电站已于1979年作过试验,并准备作更大容量的电站设计。从目前的研究情况看,主要的问题是:费用太大;会受台风等不利自然条件的影响;并且平台、锚系等方面的技术问题较多。此外,电站厂用电太大,输出的有用功率相对小了,因而在经济上不太划算。但这种发电装置有利于向大型化发展,尤其有利于养殖、海水淡化等综合利用。

我国南海位于北回归线以南,气候炎热,海水温度较高、盐份多,并且是海底石油聚集的地区,因此如何使海水温差发电站与海上采油台配合,倒是一个值得注意的问题。

目前,还有人提出利用海洋温差兴办渔场和农场等非电利用的设想,这也是值得注意的一个动向。

(四) 其它海洋能源

其它海洋能源主要包括生物质、潮流、盐浓度差和冰水温差等。

在海洋生物质能方面,近几年来世界生物总产量已达7000万吨左右。目前,美国、日本和澳大利亚主要在研究如何发展海洋速生植物(海草和藻类等,如巨藻每隔 $20 \sim 30$ 天增长一倍,总长度可达 $20 \sim 60$ 米),并如何用以发酵产生沼气的问题,其中包括速生植物的培养、处理以及综合利用等问题。

至于潮流、盐浓度差和冰水温差等能量的利用方面,目前尚处在设想阶段,有些专

家已发表了一些论文，就其可能性进行了探讨。

(五) 结 语

回顾人类利用能源的历史，两百年以前，人类主要还是依靠风能、水力等自然能源作为动力，而对于象煤、石油这样的化石燃料，虽然早有认识，也有些利用，但也只是近百年来才开始大量开采。1820年开始大规模开采煤，1859年开始使用石油。1882年在纽约建成了第一座火力发电站，于是产生了现代动力——电能。

随着工农业生产的不断发展，人们的生活水平日益提高，因而对能量的需求也就与日俱增。据估计，目前世界每年能量消耗达 5.5×10^{13} 千瓦·小时。国外有人作过估算，以美国为例，如按其目前的消耗量估计，美国本国的石油资源将在七年内采完；全世界1973年的石油开采量为 2.774×10^9 吨，若按适合于经济开采的现有石油资源来说，也将在二十七年左右采尽。至于煤炭，由于其储

量较多，而消耗量也不如石油那么大，如按现在采煤量估计，约可开采300年。这些资料提醒我们：几百万年来形成的煤、石油和天然气，人类只使用百余年就已接近枯竭。这正是近年来许多国家不得不改变能源构成——开源，普遍重视新能源的原因。另一个原因是煤、石油和天然气是宝贵的化工原料，而作为燃料使用还会产生大量废物，污染环境。为此，人们急于找到干净能源，而海洋能源就是其中的一种。

我们伟大的祖国有着辽阔的海域，在祖国大陆的东面和南面环列着渤海(9.7万平方公里)、黄海(41万平方公里)、东海(80万平方公里)和南海(360万平方公里)。我国大陆的海岸线，北从鸭绿江口，南到北仑河口，形成一个向东南凸出的弧形，辽东、山东和雷州三个半岛伸出圆弧之外。我国有大大小小五千多个岛屿，大陆和岛屿的海岸线总共长达二万多公里。辽阔的海域和漫长的海岸线都为我们利用海洋能源提供了广阔的天地。让我们在这辽阔的海域里寻找更多的能源，为实现四个现代化作出应有的贡献而奋斗。

编 者 1980年

国外波浪力发电的发展和研究概况

(一) 前言

利用波浪,这是十分令人感兴趣的一个问题。人们一见到大海,就会感到辽阔海面上汹涌澎湃的波涛蕴藏着千钧的力量,然而人们多年来却把波浪看作灾难,想到的只是防波。随着科学技术的发展,人类今天已经进入了一个新的时期——“用”波了。

尤其是在人们已经意识到化石燃料逐渐枯竭,且对能源利用中防止污染的要求也愈来愈高的今天,像波浪力这样的“清洁能源”就更加受到人们的重视,利用也是迫在眼前的事了。

追溯波浪力(目前仍主要是指海浪)的开发利用历史,大约已有150年了。当今的主要用途是发电,即把波能转变为电能。

波浪力发电装置结构新颖、简单,建设周期短,投资少,收效快,并且波浪力发电不污染环境,是一种很好的新能源。

(二) 巨大能量

波浪力的计算目前已有多种方法,这些方法不仅在计算上,而且在测量和资料分析等方面都存在着一些差异(参阅本书介绍的几种方法)。世界各国对波浪的潜力也都作了一些估测。例如据日本估测,日本沿海波浪出力平均达 10^5 万千瓦,为目前日本电力尖峰负荷的25倍。又如新西兰海岸线总长4300公里,假如按35千瓦/米作为平均能级计算,则年发电量为 315×10^3 千瓦时/米。因此只需波前宽63公里,就足够供应新西兰目前的用电量,即使波浪力发电装置效率为40%,那最多也只要200公里长的海岸产生的能量

就能满足新西兰1975—1976年度的用电量。

波浪力无疑是一个巨大的能源。世界各沿海国家都有较长的海岸线,例如日本海岸线长一万三千公里,美国海岸线长八千八百四十公里,如果在世界沿海地区都安上各种类型的波浪力发电机,那将形成一个巨大的新能源。

(三) 装置

由于波浪力具有力强、速度慢和周期性变化等特点,因此波浪力发电装置设计主要解决的问题是:获得连续稳定的出力,增加速度,结构坚固和提高效率。近百年来,世界各国大约提出了三百多种不同的、巧妙而有趣的波浪力发电装置。

下面就国外目前正积极试验和实际应用的几种具有代表性的装置,简述其发展经过和目前的研究状况。这些装置,小型的大多已实用化;大型的多处于实验和试制阶段。

整流型波浪力发电装置 该装置的原理是对波浪进行“整流”使其产生“一定方向的水头”。其构造是,面对着波的是若干高位或低位水池(进口或出口),水池用止流阀与海隔开,由于波浪的作用会使海水进入高位水池(或称进水口),但无法进入低位水池(或称出水口)。这样,海水在高位(进)与低位(出)水池间形成水头,即可冲动水轮机,如图1、2所示。

这种装置的原理很类似于潮汐发电站,所以可利用沿岸有利的天然地形来构成高、低位水池,并按同样方式构筑“用波”堤。

这种型式的电站(图1)目前正在英国沃林弗德(Wallingford)实验,它有两个蓄水池,一个在另一个的上面,朝海的立面上装

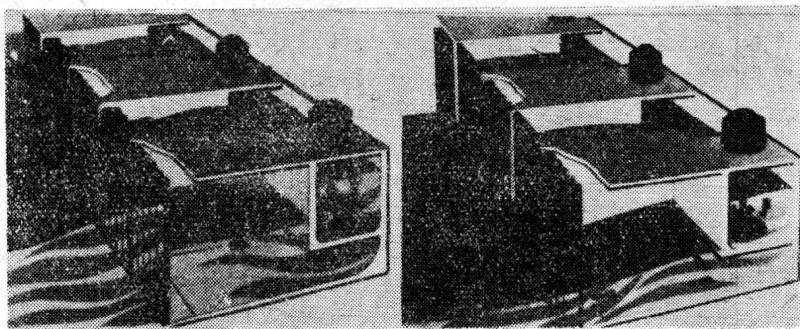


图1 罗素整流型 (Russell Rectifier) 波浪力发电站

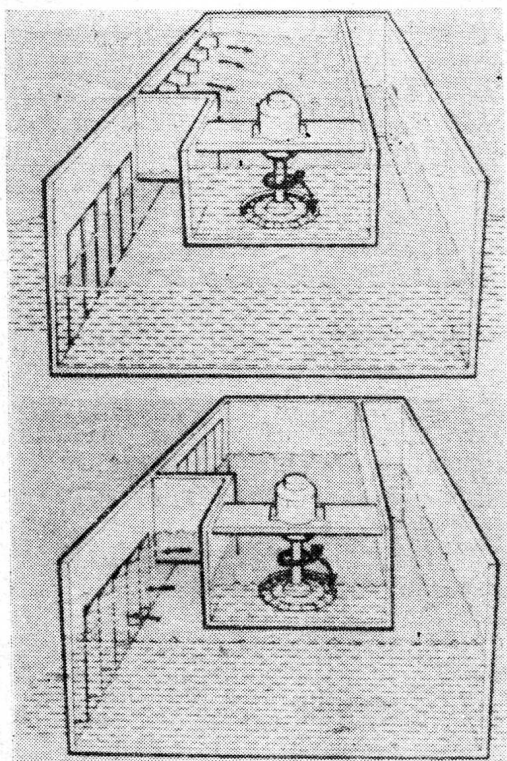


图2 整流型(高、低位水池)波浪力发电装置

有一排排交错排列的单向止回阀，让水流进出。上水池在波峰时充水，下水池在波谷时空。两水池之间的水流推动一台水轮机，再带动发电机。

目前在英国沃林弗德实验的装置总体高度20米，宽度30米，装配后可构成50~100米长的建筑物。实验目的主要集中于研究结构尺寸与形状。由于转换器本来就比它所容纳的发电站大，所以结构费用占绝大部份。此外，研究中很注意每一开口前沿面上的阀

门或单向止回阀。由于波浪动压力随水深而减小，并受到转换器正面水位差产生的均匀净水压力的反作用，所以阀门的开度随水深而不同。目前阀门正准备用约1:3的模型进行实验。

关于设计最优化的问题，准备在波浪槽中进行研究，主要集中于测定构筑物上的作用力及检验通过储存与惯性相结合而获得的稳定出力。由于波浪进入蓄水池时水头略有起伏，所以在实验中将研究由水轮机流出的水的惯性是否能够消除起伏。假若能消除起伏，得到很平稳的出力，那末就能够发出交流电，直接输入电网就更经济了。预计转换器的最佳长度为30米，通常年平均出力每米为五千瓦。

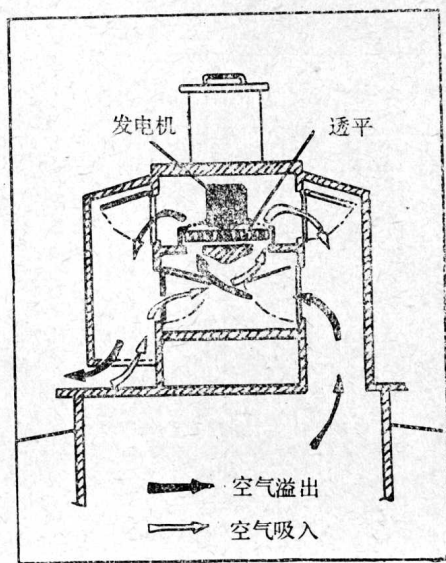


图3 空气透平式波浪力发电机组

空气透平式机组 气空透平式机组的使用也引起人们的关注。在这种装置中,空气被强迫通过浮筒中的管道进出,推动力是由室内振荡水头产生的,空气冲动透平发电。

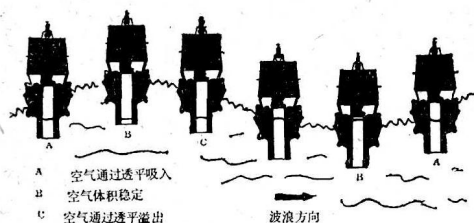


图4 空气透平式机组一个周期的工作示意图

首先制作这种装置的是日本海洋科技中心的益田善雄。目前,该中心也以研究这种型式的装置为主。带蓄电池的这种小型装置在日本已实用于航海灯标。目前由国际能源机构资助在日本“海明”号船上进行这种装置的实验。

“海明”号船锚泊在离岸三公里处,总重500吨,是由日本海洋科技中心经过模型实验后产生的最佳设计。船长80米,宽12米,船头高7.5米,船尾高3.8米,锚泊在水深为42米的海面上。在内室安装了几台空气透平式波浪力发电装置。

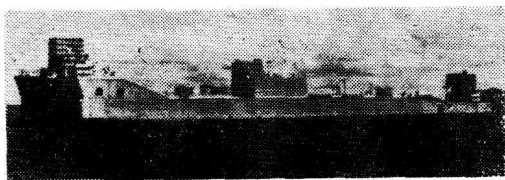
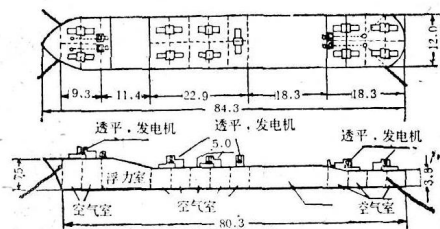


图5 “海明”号波浪力发电试验船外形

“海明”号船在1978年9月至1979年3月使用了三台装机容量为330千瓦的日本透平机,所产生的电能消耗在船上的负载电阻器上。

第二阶段实验从1979年9月开始至1980年3月结束,船上装有8台日本透平机,另外装有二台分别由美国和英国引进的透平机。船上总装机容量1~2千千瓦。在国际波能会议后不久召开的一次会议上,研究了如何把“海明”号船发出的电能最终输送到岸上的问题。

“海明”号船已经受过一次台风的考验(1978年12月2日),台风期间波高达4.1米。一般说来,这种装置一定会遇到2~4米甚至6米的波浪。“海明”号船产生能量的最佳条件是波高为2~4米、波长约75米、周期为7秒的波浪。与“海明”号船实验的同时,日本国家工程实验室也在进行同类的实验室实验,实验是用一倒置、开顶的有机玻璃箱进行的。实验小组采用波浪槽和二元数学模式集中解决如何改变箱子的形状,以及如何使透平及气流调节阀布置最佳化问题,以使这种设计原理发挥最大效率。

目前的研究工作表明:利用现有材料如钢材及钢筋混凝土等,就可以在海上建造空气透平式装置,运转和维修技术也已可行。

至于装置大型化问题,往往由于大型化后造价较高,而产生的能量又少,所以不经济。据计算,钢结构装置的排水量为6万吨,其中结构用钢重量约占15~20%;混凝土结构装置的排水量可达12万吨,其中钢筋混凝土结构重量占5万吨。而按负载系数8%估算,仅能得到4千千瓦输出功率。

锚系问题仍然是一个不能肯定的问题。1978年6月利用直径为95毫米、破断力为1000吨的锚链和抓力为20吨以上的锚,对“海明”号船作了实验,但实验中系泊力出乎意外的小,即使在12月2日大波浪时,系泊力最大值达到50吨,仍然相当安全。“海明”号船实验表明,采用尼龙缆索锚泊也是可行的。据报导“海明”号从1980年1月14日~3月31日正式进行长期送电试验。

英国在爱尔兰海上也使用这种装置。由透平机带动一台三相直流发电机,发出12伏、60瓦直流电,对一小型蓄电池充电后,供给

浮标上雾信号和雷达应答器等用电器使用。该装置三年来一直在正常运行着。

英国诺丁汉大学 (Nottingham University) 还研制出一种改型的空气透平式装置 (图4), 其浮筒容积为1000米³, 装置输出功率约为200千瓦。采用复式小室后, 装置的工作原理有了进一步的发展。由于浮体的自身运动, 可使小室交错造成附加振荡。诺丁汉大学的研究目标在于大量生产小型装置, 以节省费用。

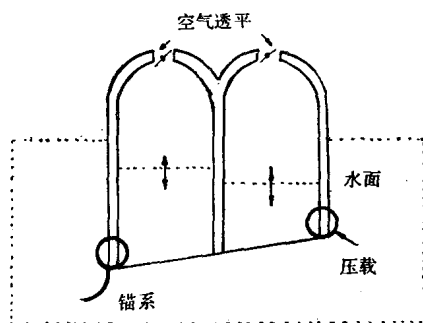


图6 复式空气透平式装置

如何能获得稳定的出力, 即“平滑化”问题, 这也是空气透平式发电装置的一个问题。目前的想法是: (1) 使用多个空气室, 空气由空气储存器进入透平机; (2) 在透平机上安装惯性轮; (3) 利用多台机组收集不同周期的宽频带波, 以使出力平滑化。但是, 这只是想法, 目前尚未实验。

还有一种空气透平机, 它并不是安装在浮体上, 而是一种柔性气袋式的装置。目前, 英国兰开斯特大学 (Lancaster University) 正在研制这种装置。

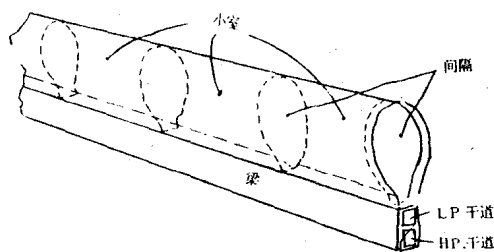


图7 气袋式空气透平装置结构图
(图中: LP为低压, HP为高压)



图8 气袋式空气透平装置工作示意图

这种装置是由充满空气的柔性气袋制成, 形如长管, 管内隔成若干小室, 管底面有一狭缝, 狭缝用一刚性横梁闭合, 横梁内有高压干道和低压干道。当小室周围的波浪上升时, 波浪力冲击气袋, 使空气从小室进入高压干道; 当小室周围波浪下降时, 小室内压力下降, 空气流从低压干道进入小室。在空气从高压干道返回低压干道的过程中, 经过一个简单的单级透平就可发电或把水输送到陆地上。

整个装置锚定在海面或附装在一个水下的混凝土船体上, 利用小室部份充气, 部份浸没在水中而漂浮在水面上。在起巨浪的日子里, 可采用重力锚定, 使装置沉没在水面下, 按额定出力继续运行。装置实际长200米, 宽6.5米, 高14米, 当系泊在海底时, 80%浸没在水中, 朝着浪头的来向。这种发电装置设计上的优点是: 由于表面柔软, 而且平行于波的方向, 所以受汹涌海浪冲击损坏的可能性小。转换装置和浮体合为一体, 结构问题较其它装置少。目前气袋的结构和材料仍是一个薄弱环节。

点头鸭式装置〔也称索尔特鸭式装置 (Salter Duck) 〕 1977年在苏格兰的内斯湖 (Lock Ness, Soctland) 中, 安装了一种像鸭子在水中上下摆动的波力发电装置。实验证明, 这种装置能够发电并能向岸上输电, 在恶劣条件下仍能继续工作。目前, 准备对这种装置作进一步改进, 以期最终能够投入实用。

在所有波浪力发电装置中, 点头鸭式装置可能是最引人注目的一种, 英国兰开斯特 (Lanchester) 工业大学和该装置的发明者爱丁堡 (Edinburgh) 大学的索尔特 (Salter) 是内斯湖规划总方案的指导者, 索尔特曾对

该系统进行广泛的波浪槽实验。

鸭式装置是一串鸭安装在同一根长圆柱脊椎上，这些鸭式装置在波浪作用下绕脊椎

上下摆动而发电。鸭的前沿应设计得能吸取最大的能量，尾部为圆弧形，从而不会再重新产生波浪。

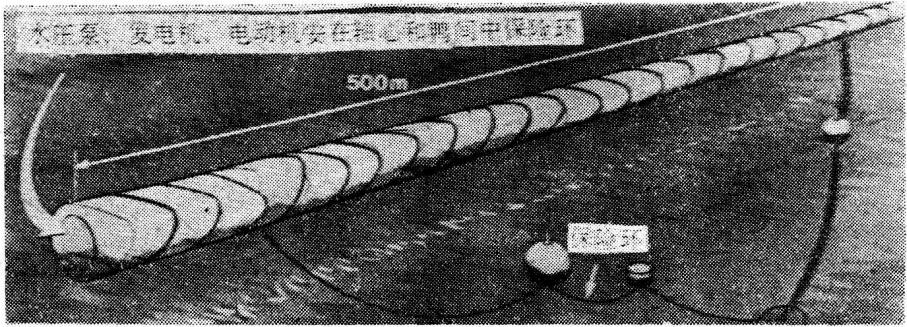


图9 点头鸭式波浪力发电装置外貌

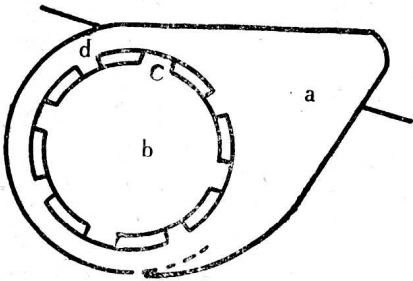


图10 鸭式装置内部结构

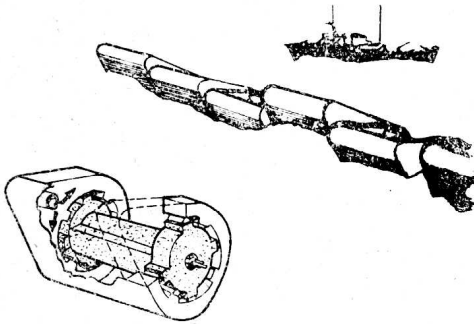


图11 鸭式装置外形及示意图

图10所示为鸭的内部结构，其中：a是鸭摇摆体；b是中空圆筒体；c是中空圆筒片向外突出的部份；d是摇摆体向内突出的部份。a以b为轴摇摆，在c和d两突出部之间的空间形成水压泵。许多鸭沿同一脊柱连成横列，但可以分别自由摆动，就像手摇水压泵一样。它们产生高压水，冲动水压动力机，再带动发电机发电。鸭的摇摆体和中空圆筒是用钢和混凝土制成的。中空圆筒直径10~15米，

一个摇摆体长30~40米。

索尔特在爱丁堡大学集中精力从事在室内波浪池中的小比尺模型实验，比例有1:100和1:150两种。在英国费尔特姆（Feltham）国家海洋研究所的大型波浪池中所作的1:10模型实验表明，模型比尺问题可以不必担心。

索尔特开始是用单个鸭式装置在窄槽中进行实验的，并就扭转极限对出力的影响进行了专门的研究。他整理了一幅完整的散射图，可以用来设计最经济的发电装置。目前已有足够资料来标明散射图上任何地方的力、速度和扭矩值。

索尔特认为理想的发电波浪可能是波高3米、周期8秒的波浪。由于可能会遇到50年才能遇到一次的波高超过十米的波浪，而这种波浪力要比理想波浪力高二到三倍，因此在爱丁堡大学的波浪池实验中，也包括陡峭和极陡峭“畸形”波的实验。

在设计上尚存在一些问题，如在陡波中，在散射图的顶部，鸭式装置将会翻转。因此，应选用一种能使它自动复位的设计方案。目前所采用的方案是在鸭式装置原来扁平背部的顶端，加上一个隆起的突缘。此外，由于波力发电需要控制方向及波谱形状，所以装置脊椎实用的水域应较大。

爱丁堡大学实验波浪池的大小为27.5米

×11米×1.2米,在长方向上装有89个形如琴键式的阻尼波浪发生器,目前已有80个在使用,能产生20个波面,希望最终能得到60~70个波面,以便使工作状态更逼真。每一个波面的波高、周期及初始相位都可整定,用一计算机的键盘来进行全面控制。

经初步研究工作之后,主要的是对装在脊柱上的鸭式装置的运转条件进行实验。在英国拉格比(Rugby)附近的德雷考特(Draycote)水库中用塑料与玻璃纤维制成1:50的模型作了第一批实验。该模型的脊椎长6米,安有12个鸭式装置。1976年春天的试验表明,实际可吸取50%波能,每个鸭的发电功率相当于30瓦。

第二阶段实验是寻求适当的波浪,以推动一较大的装置。实验地点选在英国内斯湖,这里的波浪大约为北大西洋波浪的十分之一。在内斯湖实验的整套装置,其大小约为海上装置的十分之一。该装置包括一根50米长的漂浮钢脊椎,直径一米,其上安装着一列20个鸭式装置。每个鸭式装置包括两个部份:一个圆形下钢鸭体,直径1.06米,装在脊椎上,并能绕脊椎自由转动;一个玻璃纤维浮体,宽2.1米,用以固定下鸭体,总排水量为26吨。

整套装置可用小船拖运。但把装置建成两段,这是因为其全长有50米,在陆上运输太困难。在湖上,用1.5吨重的锚及30吨重的锚链加以锚定。

20个鸭式装置各自独立运转,每个鸭式装置都由其自身水泵与一条共用的水力管道连通,把各部份的能量输送到脊柱中心的动力装置内,再转变成电能,而后通过水下电缆将电输送到岸上。在合乎要求的风浪条件下,内斯湖实验装置的发电能力可达15千瓦。

内斯湖的第一阶段实验工作是在1977年5月进行的,当时仅建造了16吨的脊柱,目的在于收集各种波浪情况下的运转性能资料,关键是测量波高和风玫瑰图。

1977年9月底,为了安装鸭式装置、动力装置及有关设备,曾将脊柱运走。1977年12月又重新装成一台可实际运转的波力发电装置。在这年的冬季,测试系统已配齐。开始实验之前的困难在于动力装置和水力系统的选择;目前仍在继续进行脊柱工作性能资料的分析工作。由于该装置的钢结构受腐蚀和氢脆对脊柱突缘螺栓的影响,1978年曾进行过离水检修,而于当年的10月初才重新下水。在此期间,又重新设计和制造了动力装置及其控制系统。下水后前七周的运行中,最高效率仅达46.9%。

在内斯湖所作的实验表明:该装置经受了有记录以来最恶劣的冬季的考验;即使在5—6倍力的条件下将某个鸭式装置冲翻,而在水力的作用下仍能翻转过来;鸭串成功地经受了11倍力的考验,并且保证在良好环境中能以较高的效率发电。据推算,商业化的波浪力发电装置可能要有一公里长,假如它能吸取现有能量的50%,就可发电4500千瓦,足够供应8500人口城镇所需的电能。

三板转换器 这种转换器是由英国皇家军事科学院研制的,已经用1:20模型作了实验。转换器系利用波浪水平分力的原理而工作。如图12所示,它由三块垂直板构成,其中两块板(板2和板3)间距为波长的一半,板1安置在前部,离板2四分之一波长处。板2和板3之间用联杆连接,当板作往复运动而驱动水泵时,仍可保持几乎不变的形状,其

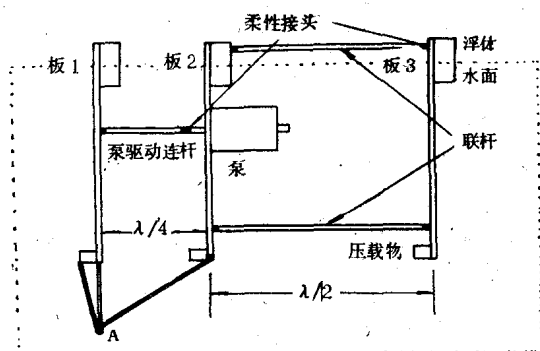


图12 三板波浪能转换装置
(英国计划于1980年作海洋实验)

原因是由于板2和板3之间相隔半个波长，而在其间会产生立波，这样板3就起到一个锚的作用的缘故。板1铰接在A点上，依靠连杆推动中间板上的水泵，把波能转换成水流。实验得出的平均效率为70%。这种装置的优点是锚系力小于预期值，反射波也被完全消除了。

潜没式装置 目前国外正在研制一种安装在水下的装置，以解决锚系问题和空气与水交界面处的应力问题。这种装置的设计思想是，用一个静止的潜没管，其内装入一定量的水，以便当波浪从它上面通过时，靠静水头的变化而激起谐振。这种装置是全向的（不定向的），也能吸取超出装置本身宽度范围以外的波能，把波浪的运动转变成单向水流，再流过低水头水轮机。

英国布里斯特尔大学（Bristol University）正在研究一种潜没式装置，其原理是当潜没式圆柱体绕着与装置平行的偏心轴转动时，水面上产生的波浪仅以一个方向向前推进。在相反的情况下，弹簧及阻尼器作用于圆柱体上，就能获取波浪通过之全部能量。

英国布里斯特尔大学设计的装置如图13所示。圆柱体在水下受正浮力，并由四根克服浮力的缆索拉住；缆索通过锚于海底的滑轮，绕在圆筒上。藉弹簧的拉力拉着圆筒，缆索的张力使圆柱体向下。风平浪静时所有各力保持平衡。当起波时，圆柱体被波浪推动，每根缆索的张力或增或减，弹簧便受力而作

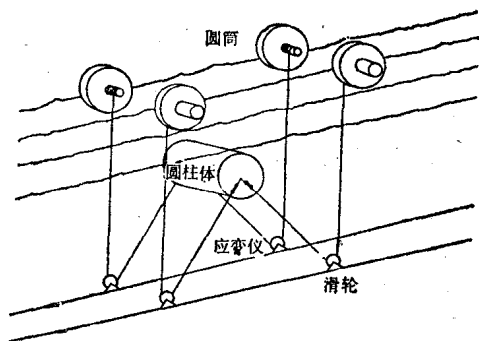


图13 Bristol大学设计的潜没式圆柱体实验装置

功。发电装置放在圆柱体内。

锥形浮体（也称作垂直振动式浮体）

该装置是日本研制的，其特点是浮体的固有频率与波浪频率相等，这样就会产生共振；利用浮体产生几倍乃至几十倍于波高的振动来发电。

如图14所示，浮体的下端为锥体，锥体的顶端有一个可以正、逆转动的螺旋桨。浮体与海水之间作相对运动，驱使螺旋桨旋转，从而带动发电机发电。

该装置直径1.2米，长22米，重13.5吨，功率5千瓦，从1977年2月开始在房总海面上作现场实验。为了使浮体和波的周期配合，采用吸、排水方法来调节整个浮体的频率。

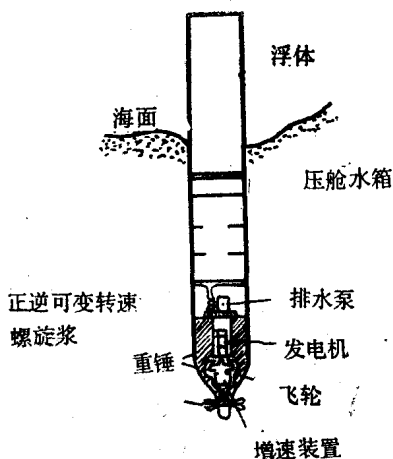


图14 锥形浮体波浪力发电装置示意图

海岸冲击式波浪力发电站 图15是实用于日本东京湾入口海獭岛上的一种小型海岸

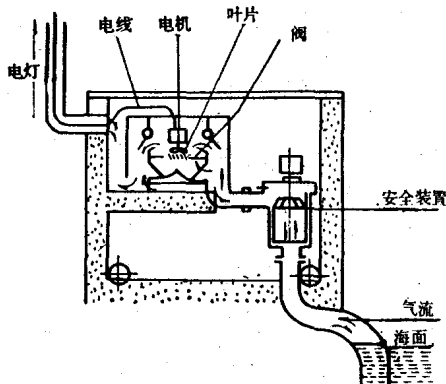


图15 海岸冲击式波浪力发电站

式发电站。

这种装置利用长2.5米、直径80厘米的管子伸入水下，在波浪的冲击下产生空气流，冲动空气透平。结构和工作原理类似空气透平式波浪力发电装置。日本采用的装置，其

最大功率为120瓦，平均功率为18瓦。该装置多年来一直在正常运行。

此外，波浪力发电装置还有活塞式（图16）、等高筏式（图17）以及八角环式（图18）等等。

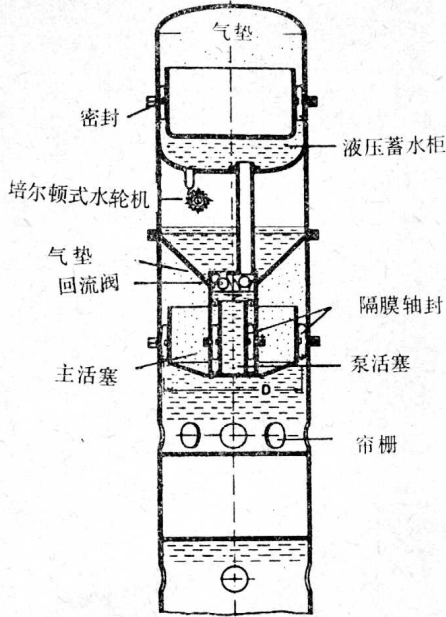


图16 活塞式波浪力发电装置外形和结构示意图

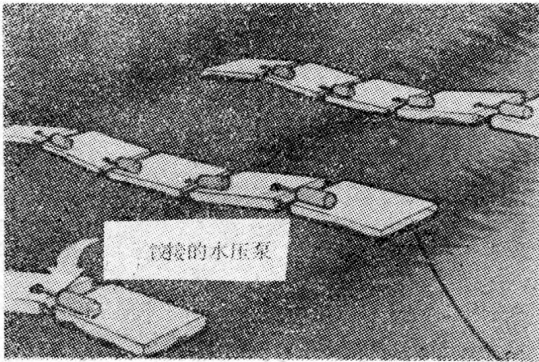
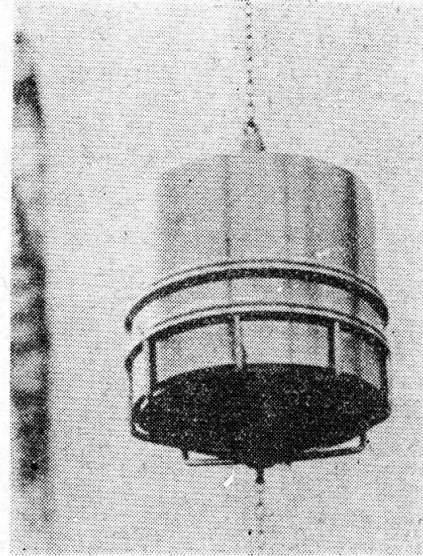


图17 等高筏式波浪力发电装置
(长100米，宽50米，吃水3米，每一筏重3380吨，出力40—80千瓦·小时/米)

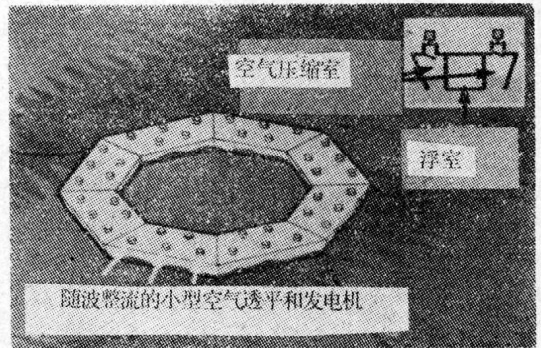


图18 八角环式波浪力发电装置

四、有关波浪力发电研究中 目前存在的问题

近年来在波浪力发电研究中普遍存在的问题主要是波浪资料、构件、锚系、材料、

电力输送、蓄能以及环境等几个方面。

波浪资料 是否有可供波浪力转换装置设计参考的波浪参数资料，乃是一个很重要的问题。发电装置容量要与波浪力大小相匹配，而且出力要稳定，这就必须具备有较准确的波浪参数资料。

海洋表面波浪动力资源的估算

Narayann N. Panicker*

一、引言

由于石油的提价,化石燃料开采量不断增加已使其贮量面临枯竭,所以自然界的新能源又引起了人们的注意。太阳辐射、风、表面波浪、潮汐、海洋温差、海流和生物质等几种新能源,目前正被人们研究来作为可利用的经济能源。本文的研究目的是把海洋表面

波变为一种有用的动力资源。

本文是估算全世界海洋中波浪的可利用出力,不对波浪能转换装置的经济性和效率进行分析。由于计算中所列举的数字不精确,所以估算出的波浪出力将是在某一数量级范围内的数值。

通常人们总是把波浪看作一种灾害,都

认为波浪力会造成经济损失。苏格兰 Wick 防波堤处的波浪就是一个典型的例子,在该处有一块1350吨(13.5兆牛顿)重的混凝土块被波浪所松动,并整个地被冲走。五年后,2600吨(26兆牛顿)重的替代突堤也被冲走。在此处,测得沿海岸破碎波的压力为600磅/平方英尺(0.3兆牛顿/平方米)。据记载波浪

目前有关波浪的参数资料大多是来源于沿海航运或近海石油工业以及一些沿海气象站等。然而,中距离水域才是建立波浪力发电站的恰当位置,这些水域的资料目前收集得很少,而且现有的大多数仪器只能测量一元资料。为了能全面测定海域的情况,必须把一元资料变成多元资料,有了详细的资料才能使电站位置的选择简单而易行。

装置 要增大出力,发电装置就必须做得很大。装置要受到波浪的冲击,因此存在结构强度的问题。此外,还存在漂浮在海上的锚系以及波浪力与发电机匹配等问题。

目前在结构防冲击方面,很注意浮在水面上的装置外形问题,这一方面是为了提高效率,另一方面也是为了保护装置,免受波浪冲击而损坏。为此目的,最近还新设计了好几种水下发电装置。

另外,目前在恶劣天气条件下锚系以及

维修技术方面,如自动清理装置和防海生贝藻附着等问题,也正在研究之中。

材料问题 波浪力发电构件的材料问题主要是耐腐蚀、疲劳、腐蚀疲劳、海生贝藻附着、磨损疲劳、冲击荷载以及杂散电流的腐蚀影响等等。

目前波浪能转换装置的主要结构材料是采用混凝土。在金属部件方面,除采用各种优质合金外,还对其材料的防腐层、阴极防腐以及防海生贝藻附着等问题进行研究。

电力输送和蓄能 波浪力发出的电往往需要采用海底电缆往岸上输送,但存在的问题是怎样从一个浮体上向外输电,另外是采用直流还是交流输电,至今还有各种不同意见。目前从国外已实用的装置看来,小型的波浪力发电装置都是采用蓄电池蓄电,大型的装置正在考虑与抽水蓄能相结合。

*现为美国得克萨斯达拉斯75221, Mobil 研究与发展协会老资格的海洋工程师。