

# 基于振荡浮子式海洋波浪能发电装置设计与开发

## Design and Development of Ocean Wave Energy Generator Based on Oscillating Float

李奥 王千逸

Ao Li Qianyi Wang

武汉理工大学 能源与动力工程学院轮机工程 中国·湖北 武汉 430063

Marine Engineering, School of Energy and Power Engineering, Wuhan University of Technology,  
Hubei, Wuhan, 430063, China

**摘要:** 海洋面积约占全球面积的 70%, 海水中蕴藏着丰富的可再生能源, 对这些能源进行利用具有十分重要的战略意义。相较于其他形式的海洋能源, 波浪能是一种品质比较高的能源, 而且利用起来十分方便, 因此, 目前波浪能已成为各沿海国家研究利用新能源的重点, 其中浮子式波浪发电装置更是研究的热点, 该装置主要采用波浪能—机械能—电能的转换方式, 通过浮子装置采集波浪能, 再应用液压装置转化能量, 最终使能量转化为电能, 在此基础上, 我们还将进行智能化设计, 与时代接轨, 从而更好地使用海洋浮子式波浪发电装置。

**Abstract:** the ocean area accounts for about 70% of the global area, and the sea water contains abundant renewable energy, which is of great strategic significance for the utilization of these energy sources. Wave energy is a kind of high-quality energy compared with other forms of marine energy, and it is very convenient to use. Therefore, wave energy has become the focus of research and utilization of new energy in coastal countries, among which float wave power generation device is the focus of research. This device mainly adopts wave energy-mechanical energy-electric energy conversion mode, collects wave energy through float device, then uses hydraulic device to convert energy into electric energy, and finally converts energy into electric energy. On this basis, we will also carry out intelligent design to connect with the times, so as to better use ocean float wave power generation device.

**关键词:** 新能源; 波浪能; 浮子式发电装置; 液压转换; 智能化设计

**Keywords:** New Energy; Wave Energy; Float generator; Hydraulic conversion; Intelligent Design

**DOI:** 10.36012/etr.v2i11.2896

## 1 研制背景及意义

随着全球范围内能源危机的日益严重, 从能源长远发展战略来看, 人类必须寻求一条发展洁净能源的道路。新能源和可再生能源的开发利用成为各国 21 世纪能源可持续发展战略的重要选择。海洋能是一种有利于环保可再生的清洁能源, 包括潮汐能、海流能、波浪能、海水温差能和海水盐差能。同时海洋能源是一种清洁能源, 用它发电不用消耗燃料, 同时也不会产生废物、废气、废液, 且无须运输。其中波浪能是海洋能源中蕴藏最为丰富的能源之一, 是近期海洋能利用研究中研究最多的海洋能源。波能发电是波能利用的主要目的之一。其开发利用技术已趋于成熟, 正处于向商业化努力发展阶段。

振荡浮子式波浪发电装置是诸多波浪能发电装置中的一种, 其通过浮子装置采集波浪能, 再应用液压装置转化能量, 最终使能量转化为电能。本作品正是在此理论基础上, 来研究浮子式波浪发电装置, 从而更有效率, 更经济地利用波浪能。

## 2 国内外研究现状

世界各国在利用海浪方面都付出极大的努力。最早的波浪发电装置专利可以追溯到 1799 年, 是由法国的吉拉德和他的儿子发明的。1973 年的石油危机使波浪产生的研究在世界上更加重要。英国、法国、挪威等国是研究波浪发电装置的先驱者。后来, 美国、加拿大、日本、澳大利亚、瑞士、

**【作者简介】**李奥(2001~), 男, 汉, 学生, 本科, 从事能源与动力工程, 轮机工程研究。

印度也相继开始研发海浪发电装置自 20 世纪 80 年代以来,各个国家相继建成的波浪能转换装置或电站。

英国拥有世界最高的波浪能源资源,波浪能源研究投资也是世界上最大的。英国从 20 世纪 70 年代开始将波浪发电的研究放在新能源开发的第一位,并在 80 年代初成为世界波浪能源研究的中心。1990 年,在苏格兰的伊莱建立了 75kw 的摆动水柱波发电站。世界上第一台商业用波浪发电机于 1995 年 8 月在英国克莱德湾建成,发电容量为 2,000 千瓦。

日本的波能研究也很活跃。由于重视从技术到生产应用的转化研究,在波能转换技术的实用化方面处于世界领先地位。日本海洋科学技术中心从 1987 年开始着手开发波浪发电装置“巨鲸”,1997 年末在三重县宇曾湾近海开始运行。1998 年 9 月进行了为期两年的海况试验。试验结果显示,各部件运转正常,总发电效率最高达到 12%。

### 3 研究内容

#### 3.1 波浪发电原理

波能发电是通过波能装置将波能转换为往复运动机械能,并通过电力吸收系统转换为所需的电力或电能。目前,为了实现波能转换,正在开发各种波能技术。

波浪发电系统的能量转换过程是通过一些转换方法将自然波作为一种有效的能量转换,这被认为是能量消耗的反向过程。波的能量转换分为三部分:第一次转换(波浪能--机械能)、中间转换(机械能--液压能--机械能)和最后转换(机械能--电能)。一级转换是最具代表性的,它适应了波的能量特征,最终转换也适应了用户的需求。由于它们的特点往往不一致,它们在一级转换和中间转换的最终转换之间架起了一座桥梁,并发挥了前人的作用。

第一阶段是将波的垂直运动的动能转换为由发电装置保持的能量。因此,波力发电装置需要能量接收体与定体的配对。能量接收器用动能与波直接接触,从波接收能量。定体相对于能量接收器相对固定,并且与能量接收器形成相对

运动或电势差。有能量受体和定体的各种形态,它们的组合可以实现波力能量的一次转换。

作为桥接,中间转换将第一电平转换与最终转换连接。机械能转换之后,波动能不能达到第一级。中间变换在使速度稳定化、使速度稳定化的方向稳定方面起着重要的作用。另外,中间转换还可以起到能量传输和存储的作用,因为通常在冲波力发电装置的第一级转换和电力机械之间存在距离。根据不同的传输实体,中间转换可以分为三种类型:机械式、液压式和气动式。

最终转换通常是从机械能到电能,基本上是利用现有技术具有适当调节机构的发电机。因为发电机是在大范围的变化条件下工作的,所以效率必须受到影响。最终的转换虽然不能产生电力,但可以直接以机械能的形式用于特定目的,简化结构,提高效率,可以减少直接发电的中间环节。

#### 3.2 振荡浮子式波浪能发电装置

振荡浮子式波浪能发电装置的发电装置的工作原理与浮动水柱发电装置的工作原理相似。不同的是,浮动波产生装置使用浮动阀来吸收波的能量,然后通过机械或液压传输传输所捕获的能量,然后驱动发电机发电。目前,有两种主要的方式来摆动浮波发电装置。一种是安装在海床上的能源转换装置,它运行相关的转换组件,通过浮动产生能量。另一个是能量转换装置不是漂浮海上的地板上的设定,和漂浮在海上的表面阻尼装置,当漂浮的运动时,由于惯性阻尼装置推迟其漂浮,以便和运动之间的运动阻尼装置,然后转换发电驱动组件。图中显示了振荡波发电装置。

目前波浪能生产的主要问题是能量转换效率低,波能量转换的过程包括机械能和电能,因为波的可变性和机制下的惯性,波浪能源开采需要一个复杂的控制系统。在效率研究领域,许多专家提出了基于设备设计和优化的解决方案。但大多数都是基于浮动系统的设计和优化。本文介绍了一种新型振荡波发生器。通过调整振动块的质量和发电机的输出功率(扭矩),振动处于“共振”状态,以获得最大的波能量采集功率,该装置的工作原理图如图 1 所示。

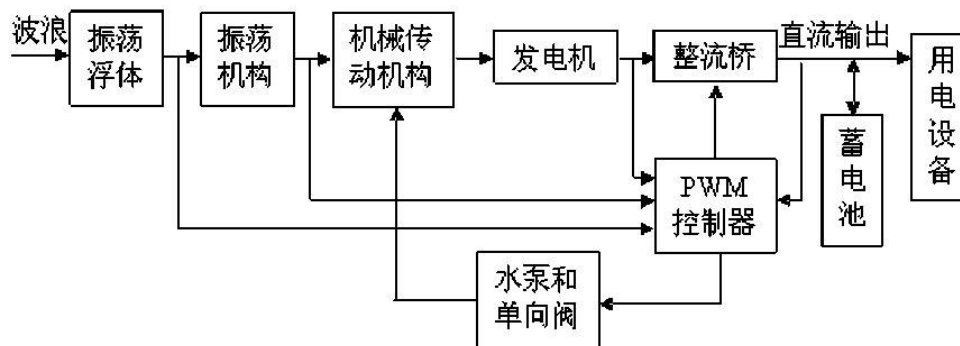


图 1 装置工作原理流程图

新型浮体式海洋波发电装置包括振动浮体、振动机构、机械传动机构、发电机和控制装置。摇摆机构、机械传动机构、

发电机、控制装置全部设置在摇摆式浮体上。作用于振动的浮体的波动能通过振动机构转换为振动机构的质量的往

复运动线性能量。往复直线运动机械能通过质量的下表面连接的机架传递到机械传动机构。机械式传动机构的驱动齿轮和棘爪棘轮系统将往复运动线性能量传递给机械式传动机构,将线性运动机械能转换为机械能旋转的一个方向,以增加转速。驱动用于发电的低速永磁同步发电机。来自发电机的交流能量经由连接电缆传输到 PWM 控制器。在使用由 PWM 控制器控制的整流桥进行电流调节和电压控制之后,为电气设备实现电源。然后,蓄电池可以被供给。振动机构根据波浪能量被吸收,发电机的输出功率和整流器桥的输出电力,发电机的输出电力调整,调整振动机构的注意

力,振动机构的动作为实现共振。质量块内部开有空腔,可以通过注入或注入海水来改变质量块的质量。向块体注入海水依靠海水的重力,注入量由单向阀控制。海水的泵出由控制器控制的水动力泵实现,单向阀和水动力泵由控制器控制。

考虑到对装置的智能化改进,我们采用与手机 APP 的连接的方式,对于发电装置的各个重要模块,我们有必要保障其正常运行,设置监测装置能更为有效地使用发电装置,如图 2 所示。

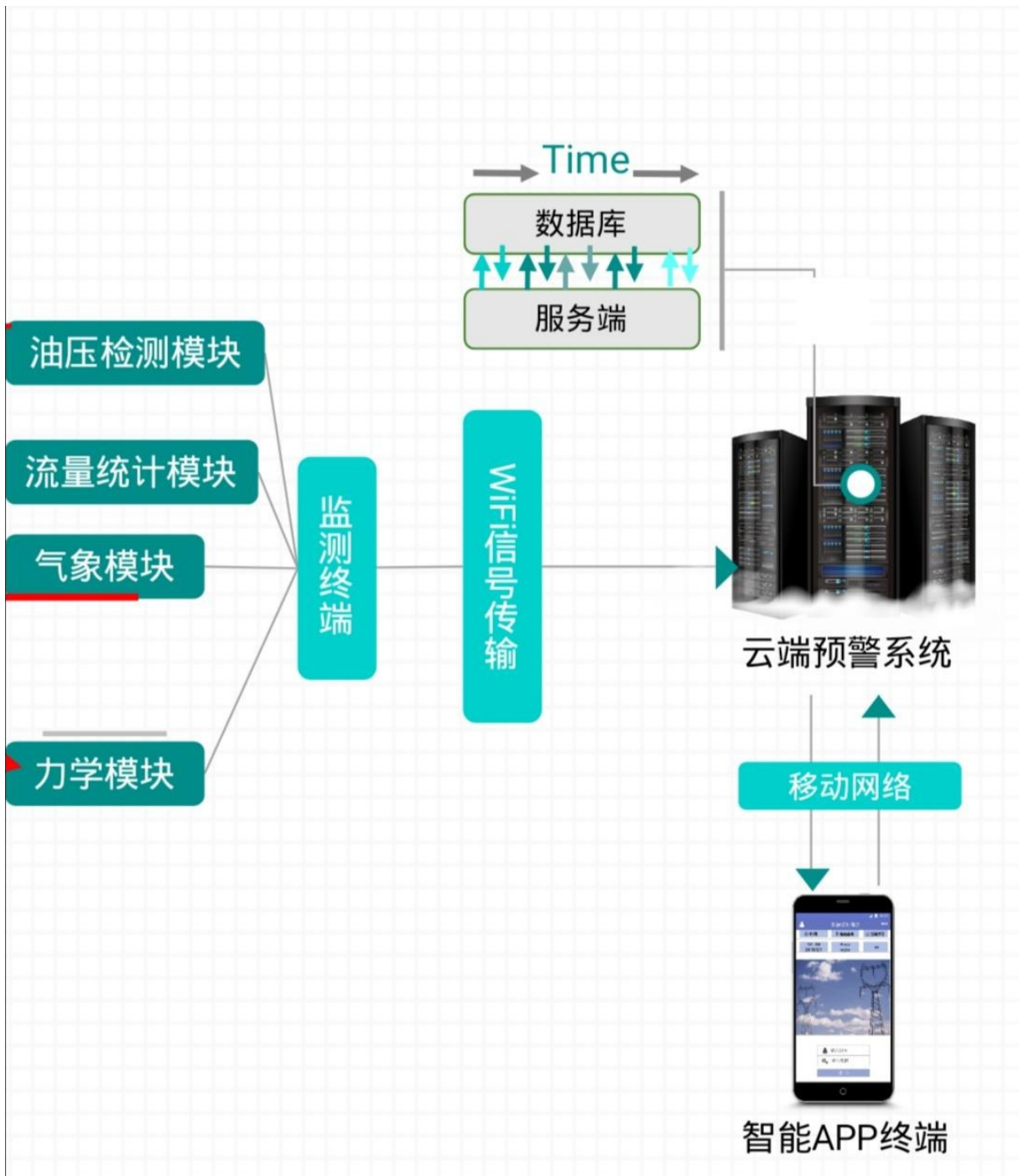


图 2 智能监测装置

## 4 创新点与技术特色

与现有技术相比,本装置具有如下优点和有益效果:

①本装置采用振荡浮体的全封闭式结构,避免发电机与机械传动机构直接与海水接触,提高装置的使用寿命,在极端气象条件下,通过改变质量块的质量和发电机输出功率来降低质量块的振动幅度,以保护装置。

②本装置通过调节质量块的质量和发电机输出功率,使振动机构中的振动偏离与海浪的共振状态,以提高波浪发电装置在极端恶劣气候条件下的安全性,通过提高质量块的振动幅度或速度,从而提高波浪能吸收效率,也利于提高发电机的效率。

③本装置发电机输出功率的调节通过 PWM 控制器控制的可控整流的方式实现,以快速调节振动机构的阻尼,从而快速实现质量块和弹簧的共振运行,且电力电子技术的实现直接、简单。

④我们采取智能化系统,通过云端预警系统,使用智能 APP 实时监测装置的运行,与此同时,更新数据端和服务端,从而保障发电装置各模块信息的及时更新和处理。

## 5 工作原理及性能分析

### 5.1 液压转换

液压传动的的基本工作原理基于工程流体力学的帕斯卡原理,主要以液体的压力来传递能量。

通过动力元件把机械能转换为液压能,再通过执行元件把液压能转换为机械能输出。并通过动力元件和执行元件之间得压力、流量和方向控制元件对液压能进行控制,进而达到能量转换的目的。

### 5.2 能量利用效率

核心思想是使液压的转化效率更高,转换中的能量损失抢到最低,从而整体上实现能量的高效利用。

首先基于弗汝德-克雷洛夫理论方法,对不同形状浮子进行计算,比较各浮子受力计算结果,从理想状态分析能量利用率,最终分析得出,应选选择垂直圆柱形浮子作为本设计的试验装置。

然后,设计浮子发电装置,并在船舶实验室进行试验研,采集各种试验数据根据实验所得到的数据和前面理论及软

件所得到的值再次进行对比,分析出能量利用效率最高的那一组,将其各项指标作为本次设计的主要依据。

### 5.3 安全监测

控制与监测系统设计分为控制部分和检测主机,控制部分需应用超声探距和红外遥控技术,二检测主机需安装温湿度传感器,压力传感器,流量传感器以及 WIFI 模块。

在此基础上,还需要设计和安装预警系统与 APP 终端,采用三层判定模式,电流判定,温湿度判定,管内油压判定,从而更好更方便更安全地进行安全检测。

### 5.4 智能化管理

智能化系统是由现代通信与信息技术、计算机网络技术、行业技术、智能控制技术汇集而成的针对某一个方面的应用的智能集合。现场采集数据后,经过现场传感器及相关电子设备的智能处理,转换为电子信号发送给第一中央处理。在本次设计中,我们采用智能 APP 作为终端,以云端预警系统为中介,来实时监测与管理浮子式波浪发电装置。

## 6 结语

下阶段的研究工作应该主要集中在两方面:

①优化浮子采集装置使浮子装置在设计及实际使用中更合理,从而让浮子装置在采集能量的过程中吸收能量更多。

②是提高能量转换装置的转换率,本装置采用发的是液压转换装置,液压传动的优点是传动装置体积小、重量轻、工作平稳、响应快,总体来说便于实现运动转换的。但是由于在工作中不可避免的存在摩擦、压力等方面的损失,所以我们要更合理科学的排列液压元件和辅件的布置,这样才能使液压的转换效率更高、转换中的能量损失降到最低。

## 参考文献

- [1] 邱大洪. 波浪理论及其在工程上的应用[M]. 北京:北京海洋出版社,1985:97-99
- [2] 周道良. 多节漂浮式波浪发电装置的实验研究[D]. 大连:大连海事大学,2011
- [3] 崔琳,土海峰,熊焰等. 波浪发电系统转换效率实验室测试技术研究[J]. 海洋技术,2009,