

海浪发电装置功率计算方法

——波浪能惯性液压差发电装置发电功率计算

作者：莫崇规

摘要：本文研究了波浪能发电装置功率计算方法，依据流体力学基本定理，通过建立数学模型计算和仿真分析验算，计算出波浪能惯性液压差发电装置的功率，为类似波浪能发电设备功率计算提供参考方法和实例。还介绍了波浪能发电装置的基本原理，并探讨影响发电功率的因素及优化方法。

关键词：波浪能；惯性液压差；发电功率；计算方法；海浪发电；发电装置；数学建模；仿真分析。

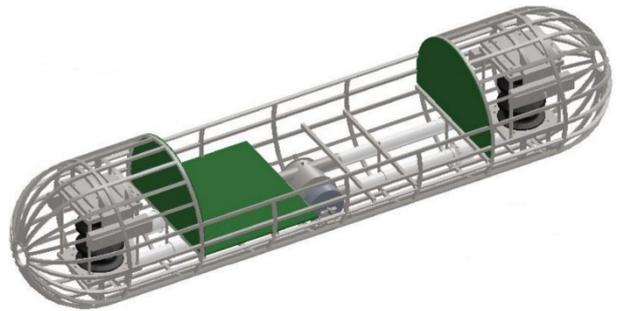
一、波浪能惯性液压差发电装置工作原理

波浪能惯性液压差发电装置利用海浪波动的惯性力发电。由浮体和惯性液压差发电系统组成，浮体随海浪摇摆时两端在竖直方向上的加速度方向相反。惯性液压差发电系统由两个惯性力液压变压器、管道发电机、管道和止回阀组成。惯性力液压变压器位于浮体两端，当受到惯性力作用时分别对液体加压和减压，推动管道内的液体流动。管道发电机安装在管道上发电。管道把惯性力液压变压器、管道发电机和止回阀连接成液体循环回路。

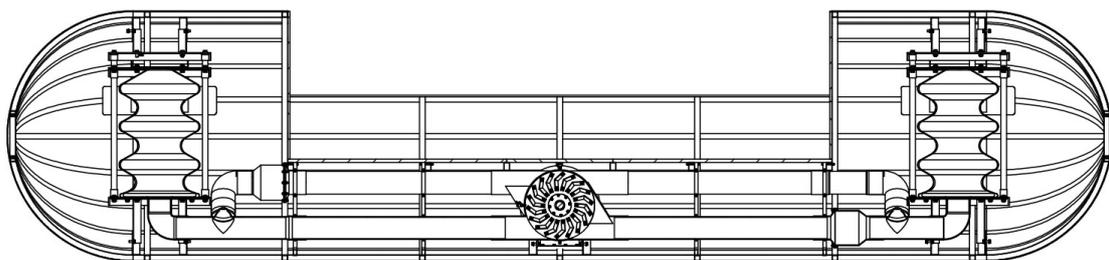
波浪能惯性液压差发电装置下水就可以发电，不与海岸或海底连接，主要发电零件包裹在浮体内，与海洋环境隔绝，抗风浪性能强，防腐性能强，运营维护成本低。



外观图 (1)



内部图 (2)



二、数学建模

1、海浪起伏运动近似于余弦波函数

$$y=A \times \cos((2 \times 3.14/T) \times t)$$

y 为海浪竖向位置;

A 为振幅, 等于海浪波高一半高度;

T 为海浪运动周期;

t 为海浪运动的时间。

2、浮体端部纵摇运动近似于余弦波函数

$$y=A \times \cos((2 \times 3.14/T') \times t)$$

y 为浮体端部位移;

A 为振幅, 约等于海浪波高一半高度;

T' 为浮体纵摇周期;

t 为浮体纵摇的时间。

3、浮体纵摇周期

$$T'=L/v_{海},$$

L 为浮体长度;

$v_{海}$ 为海浪波速, $v_{浪}=\sqrt{g \times h}$, g 为重力加速度, h 为海水深度, $v_{浪}$ 建议

取值 3~15m/s。

4、惯性力施压块对液体产生的压强

$$P=m \times y''/S$$

$$P=m \times a \times (2 \times 3.14/T')^2 \times \cos((2 \times 3.14/T') \times t)/S$$

P 为惯性力施压块对液体产生的压强; 当加压时, 最大值等于上述计算结果; 当减压时, 最大绝对值等于完全失重时的压强;

m 为惯性力施压块质量;

a 为浮体端部最大振幅,近似等于海浪波峰一半高度;

y''为浮体端部纵摇的加速度,即浮体端部纵摇的二阶导数;

S 为惯性力施压块对液体施压最小面积。

5、惯性力压差产生的液体动能

$$1/2 \times \rho \times v^2 = (P_1 - P_2) \quad (\text{根据伯努利定理})$$

$$1/2 \times m \times v^2 = V \times (P_1 - P_2)$$

v 为液体在管道内流速;

ρ 为液体密度,水的密度是 $1 \times 10^3 \text{kg/m}^3$;

V 为单位时间内通过的液体体积,管半径 r', $V = 3.14 \times r'^2 \times v$ 。

6、管道发电机的发电效率

$$P_w = W/t = \eta \times 1/2 \times m \times v^2 = \eta \times V \times (P_1 - P_2)$$

P_w 管道发电机功率;

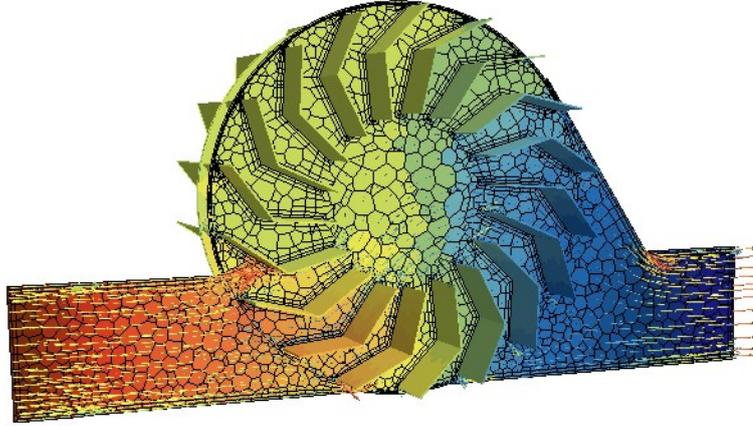
η 为管道发电机把流体动能转化成电能的效率,取值 10%~70%。

三、数学建模计算实例

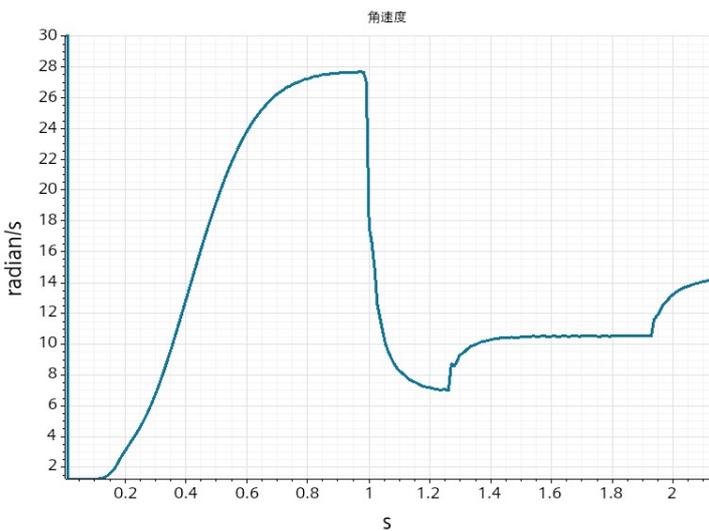
波浪能惯性液压差发电装置发电功率计算表

参数													
浮体长度L (m)	重力加速度g		波高一半高度a (m)				配重质量m (kg)	液囊最小位置半径r (m)	液体密度ρ (kg/m ³)	海水深度h (m)	发电效率η	海浪周期T (s)	管半径r' (m)
8	9.8		0.6				770	0.2	1000	10	0.5	4	0.095
计算结果													
时间t (s)	浮体纵摇周期T' (s)	前端允许最小负压 (Pa)	前端计算压强 (Pa)	前段压强 P ₁ (Pa)	后端允许最小负压 (Pa)	后端计算压强 (Pa)	后端压强 P ₂ (Pa)	液体流速v (m/s)	液体流量V (m ³ /s)	液体动能W (J/s)	液体动能W' (J/s)	发电功率P _w (w)	平均功率P _均 (w)
0	0.81	-60079.62	222135.38	222135.38	-60079.62	-222135.38	-60079.62	23.76	0.67	190003.67	190003.67	95001.83	11155.87
0.1	0.81	-60079.62	158369.82	158369.82	-60079.62	-158369.82	-60079.62	20.90	0.59	129395.22	129395.22	64697.61	
0.2	0.81	-60079.62	3681.86	3681.86	-60079.62	-3681.86	-3681.86	3.84	0.11	800.83	800.83	400.41	海浪波速v _浪 (m/s)
0.3	0.81	-60079.62	-153119.90	-60079.62	-60079.62	153119.90	153119.90	20.65	0.59	124758.80	124758.80	62379.40	9.90
0.4	0.81	-60079.62	-222013.32	-60079.62	-60079.62	222013.32	222013.32	23.75	0.67	189880.42	189880.42	94940.21	
0.5	0.81	-60079.62	-163445.70	-60079.62	-60079.62	163445.70	163445.70	21.14	0.60	133931.25	133931.25	66965.63	
0.6	0.81	-60079.62	-11041.54	-11041.54	-60079.62	11041.54	11041.54	6.65	0.19	4158.93	4158.93	2079.46	
0.7	0.81	-60079.62	147701.72	147701.72	-60079.62	-147701.72	-60079.62	20.39	0.58	120033.28	120033.28	60016.64	
0.8	0.81	-60079.62	221647.30	221647.30	-60079.62	-221647.30	-60079.62	23.74	0.67	189510.98	189510.98	94755.49	
备注	T=L/v _浪	P ₁ (Pa) 允许最小负压 = -m*g/S	P ₁ =m*a*(2*3.14/T') ² *cos((2*3.14/T')*t)/S	前段压强 =MAX(前端允许最小负压, 前端计算压强)	P ₂ (Pa) 允许最小负压 = -m*g/S	P ₂ =-m*a*(2*3.14/T') ² *cos((2*3.14/T')*t)/S	后端压强 =MAX(后端允许最小负压, 后端计算压强)	v=SQRT(2*ABS(P ₁ -P ₂)/ρ)	V=3.14*r'^2*v	W=1/2*m*v^2	W'=V*ABS(P ₁ -P ₂)	P _w =η*W	v _浪 =SQRT(g*h); P _均 是一个海浪周期内各时间段电能之和/T

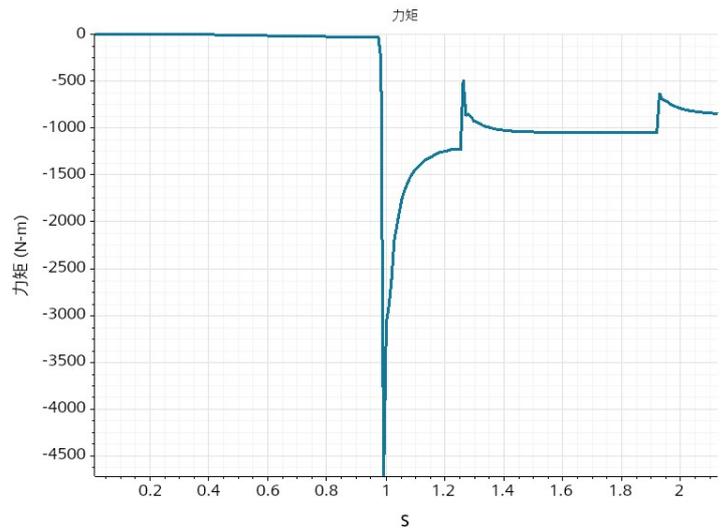
四、仿真分析实例



管道发电机涡轮压力和流速云图 (4)



管道发电机转速曲线 (5)



管道发电机扭矩曲线 (6)

注：变换负载：1→175→100→60 $\text{n}\times\text{m s/rad}$

五、结论

本文分析了波浪能发电装置发电功率受到的影响要素，包含海浪的波高、波速和周期，海水深度，发电装置的外形尺和内部结构等。还研究了波浪能惯性液压差发电装置的发电功率计算方法和各要素之间的数值关系，通过数学建模计算和仿真分析验证，可以计算出不同海况条件下的发电功率，通过分析各种海况和设备结构下的发电功率，可以获得最优设备结构和海况条件。为进一步提高波浪能发电装置的发电效率和发电场的选址提供了参考依据。