



能源开发概论A

第十章 新能源开发

能源与矿业学院/矿业工程系
中国矿业大学（北京）



3. 海洋能开发

3.1 海洋能概念

➤ **海洋资源**：海洋矿物资源、海水化学资源、海洋生物资源和海洋动力资源。

矿物资源



化学资源



生物资源



动力资源



3. 海洋能开发

3.1 海洋能概念

➤ 海洋的**动力资源**



3. 海洋能开发

3.1 海洋能概念

➤ **海洋能**是指海洋所特有的依附于海水的可再生能源，并可以在一定条件下转化为电能或机械能，并具有开发价值的能源。



海流能发电装置

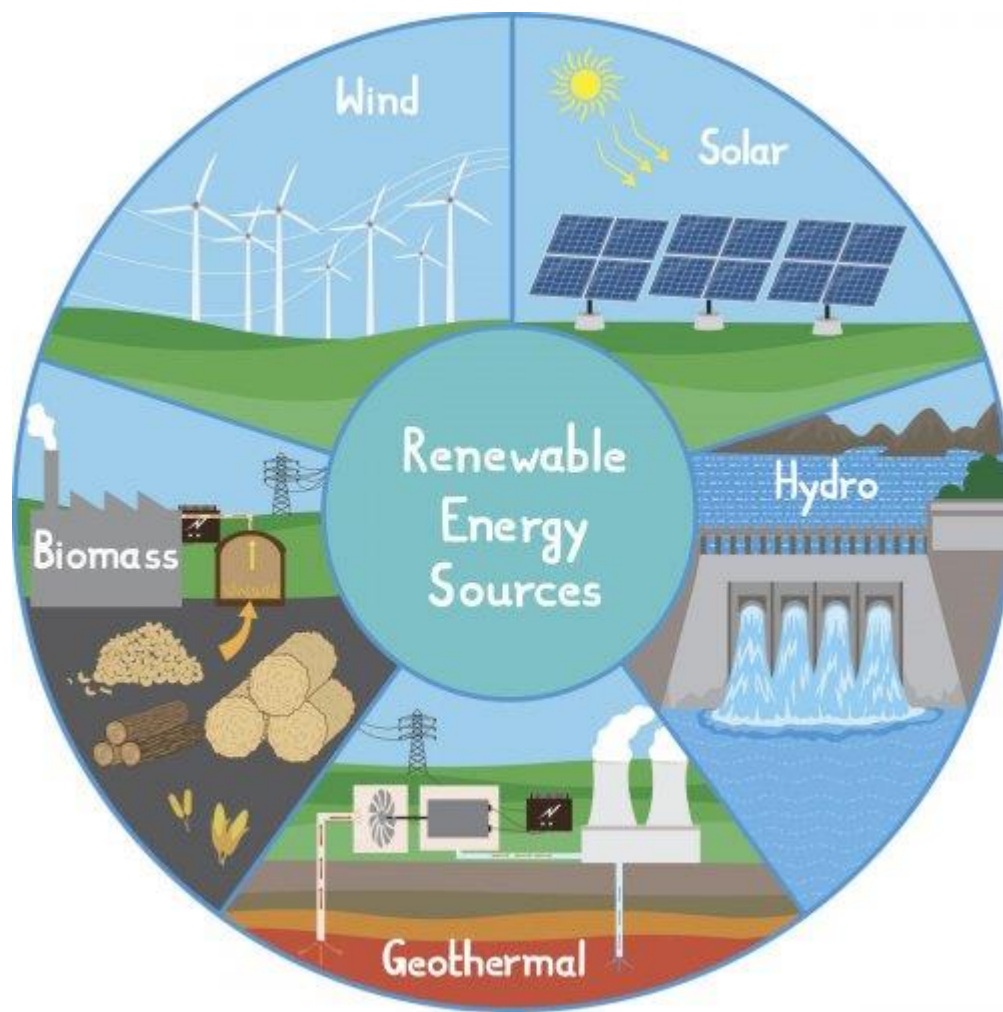


波浪能发电原理

3. 海洋能开发

3.1 海洋能概念

➤ **海洋能**主要以波浪、海流、潮汐、温度差、盐度差等方式，以动能、势能、热能、物理化学能的形态，通过海水自身呈现的**可再生能源**，是波浪能、潮汐能、海水温差能、海流能和盐度差能的**统称**。



3. 海洋能开发

3.2 海洋能特点

- 思考：海洋能和其他能源相比有什么特点呢？

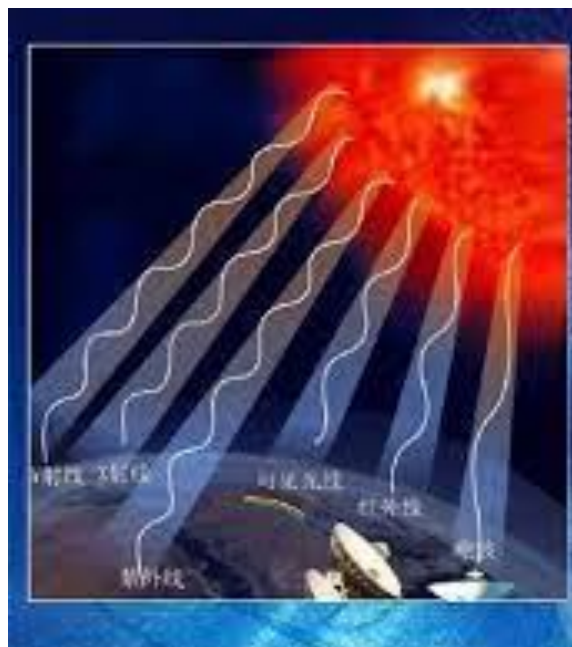


3. 海洋能开发

3.2 海洋能特点

➤ 可再生性

海洋能来源于太阳辐射能与天体间的万有引力，只要太阳、月球等天体与地球共存，这种能源就会再生。

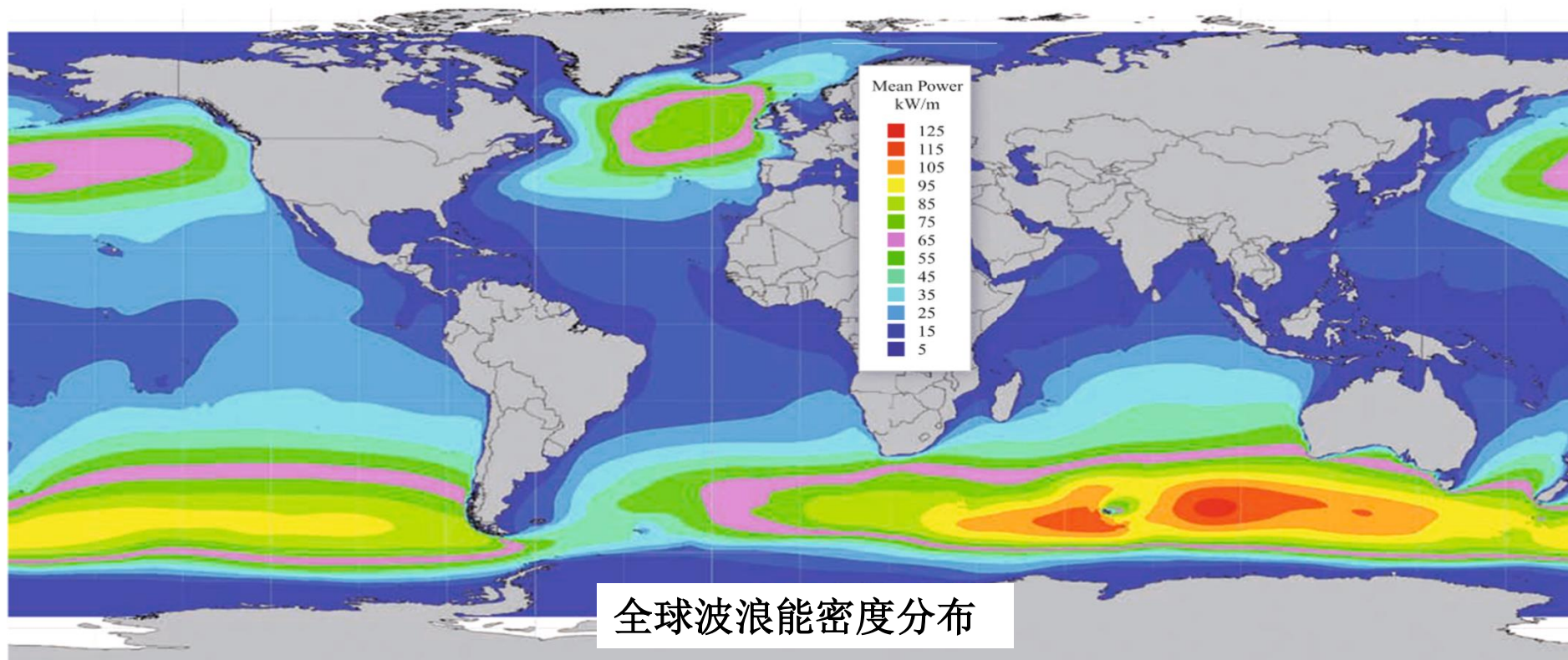


3. 海洋能开发

3.2 海洋能特点

➤ 能流分布不均匀、密度低

单位体积、单位面积、单位长度拥有的能量较小

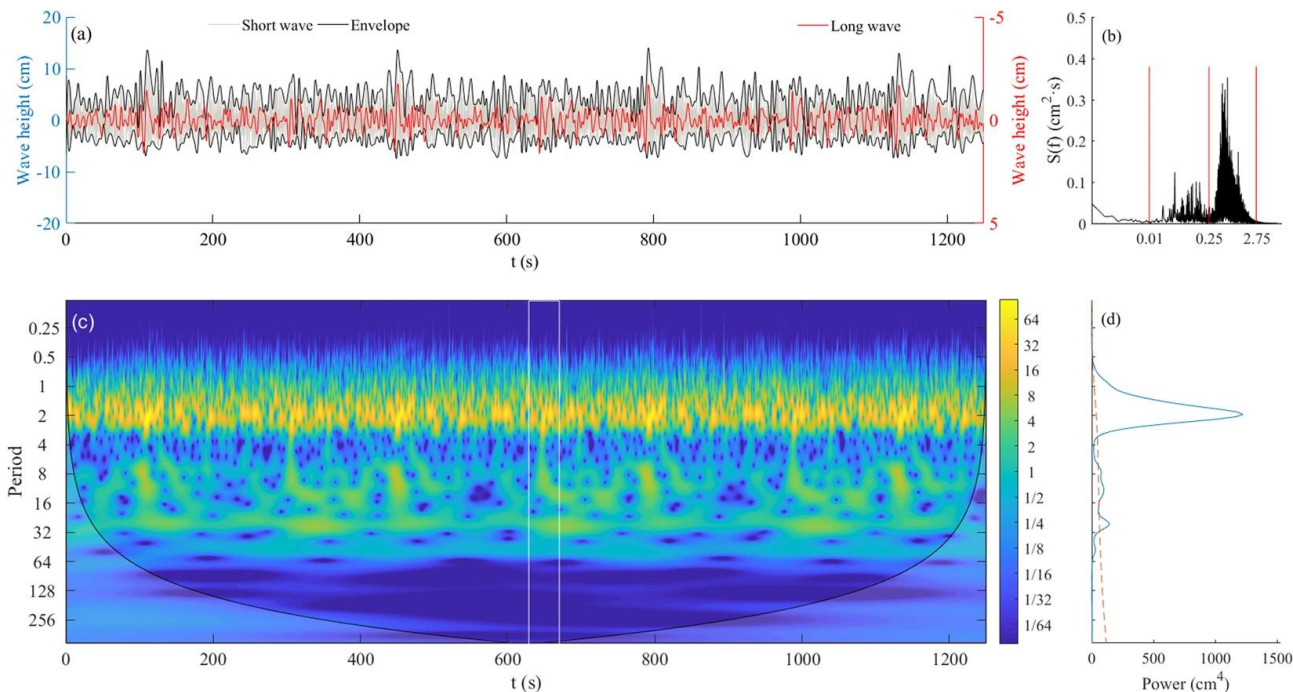


3. 海洋能开发

3.2 海洋能特点

➤ 能量不稳定

温差能、盐度差能变化缓慢；波浪能随机性大。



波浪高度与波浪能监测结果

3. 海洋能开发

3.2 海洋能特点

➤ 洁净能源

海洋能开发对环境无污染

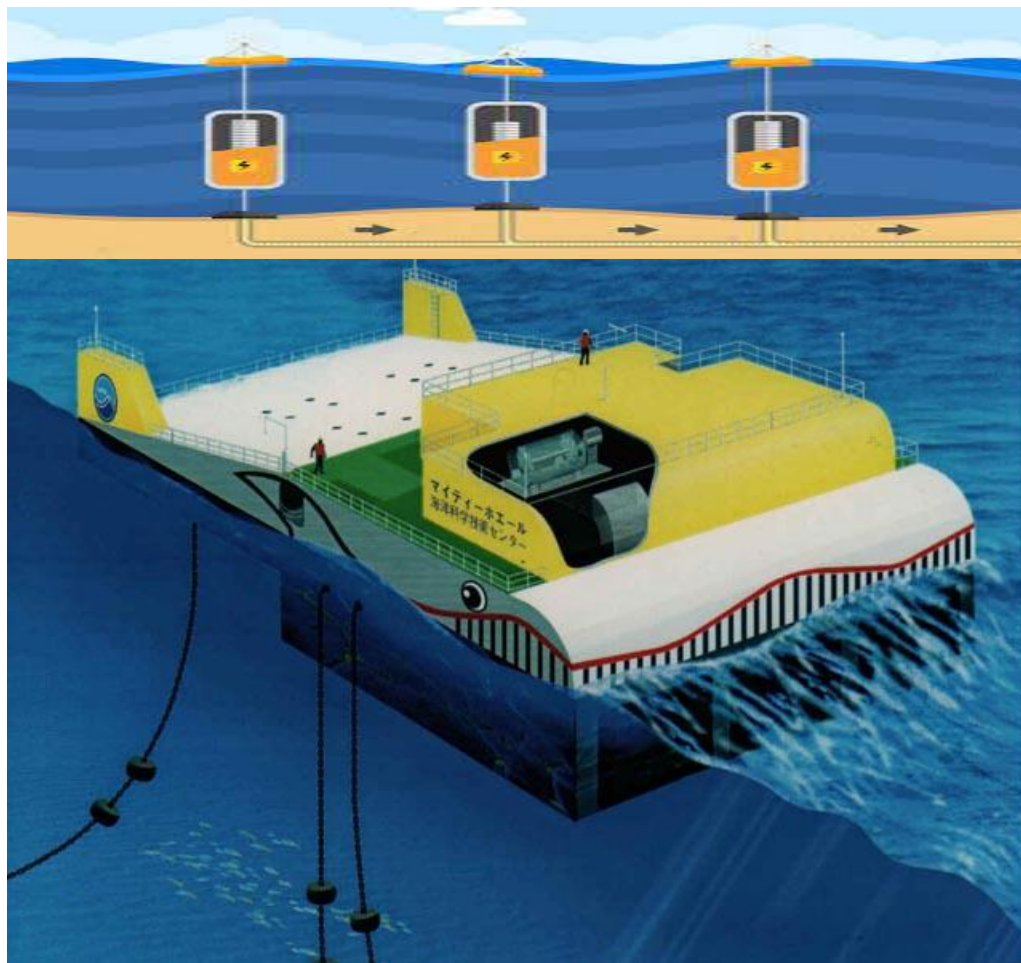


3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 波浪能

波浪能指海洋表面波浪所具有的动能和势能。波浪能主要用于发电，也可用于输送和抽运水。



波浪能发电装置

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 波浪能

全球海洋的波浪能

$7 \times 10^{10} \text{ kW}$



可开发利用的波浪能

$(2 \sim 3) \times 10^9 \text{ kW}$



我国的波浪能

$7 \times 10^7 \text{ kW}$



波浪能发电装置

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 波浪能

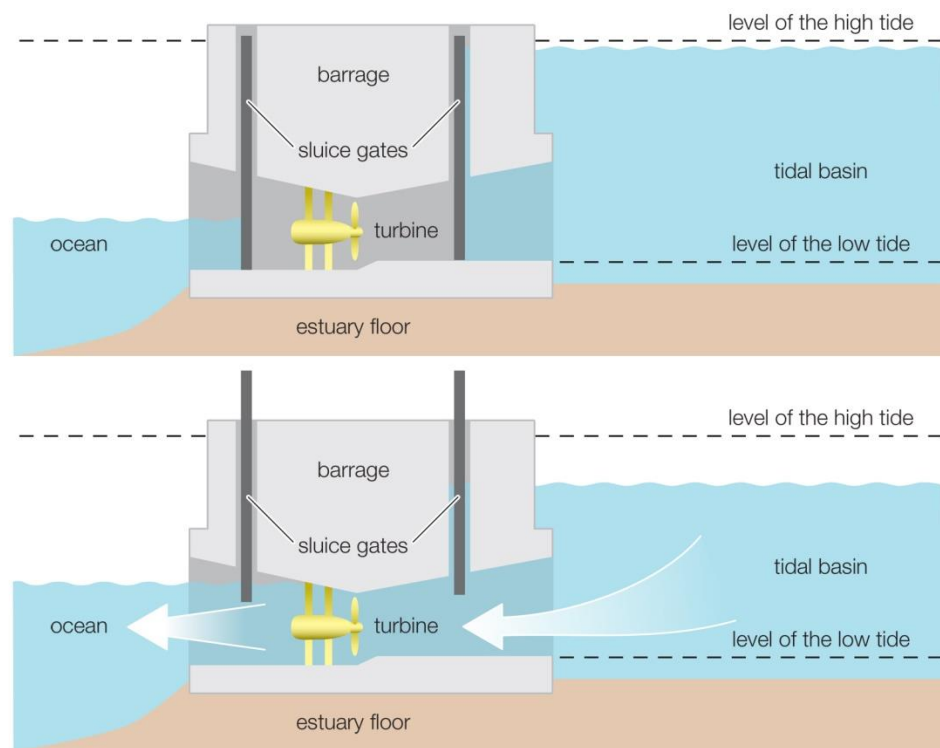
- 1964年，日本制成世界第一盏用海浪发电的航标灯。这台海浪发电机发出的电仅有60瓦，只够一盏灯使用。
- 1989年，我国第一座波力电站在南海大万山岛建成，装机容量3千瓦。
- 2000年，我国首座岸式波力发电工业示范电站——广东汕尾100千瓦岸式波力发电站建成，标志着我国海洋波力发电技术已达到实用化水平和推广应用的条件。

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 潮汐能

因月球和太阳天体等引力作用引起潮汐现象，导致海水平面周期性地升降运动所产生的能量称为潮汐能，是**永恒的、无污染的能量**。



潮汐能发电原理

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 潮汐能

世界潮汐能蕴藏量

$27 \times 10^8 \text{ kW}$

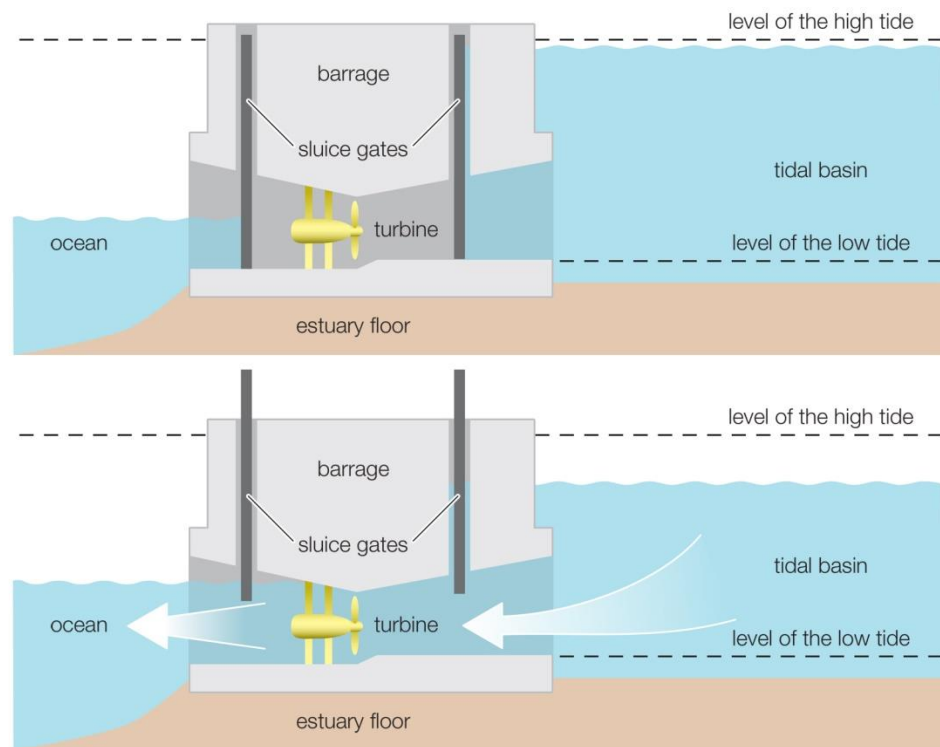


全部转化为电能

$1.2 \times 10^{12} \text{ kW}$

三峡电站2020年

$1.031 \times 10^{11} \text{ kW}\cdot\text{h}$



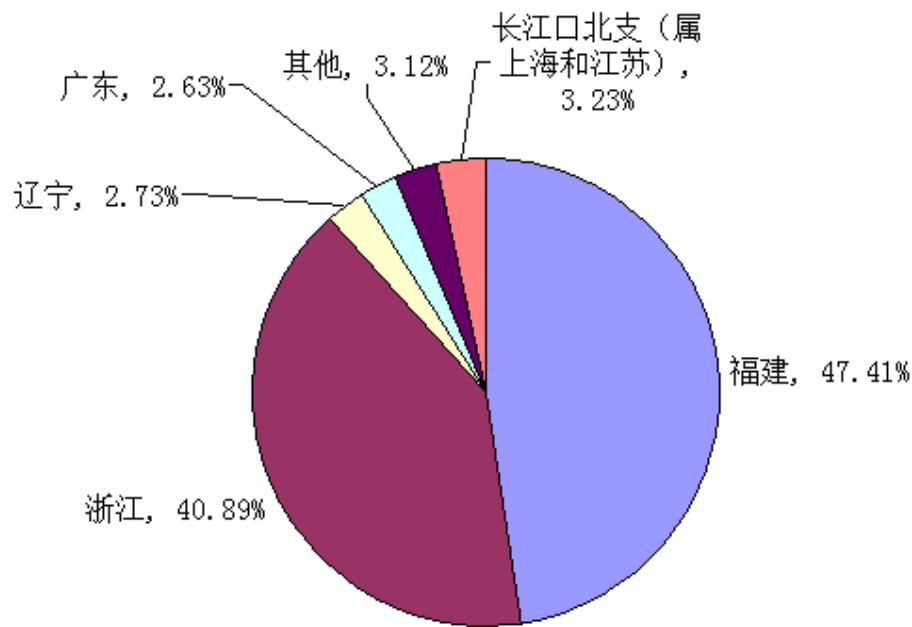
潮汐能发电原理

3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 潮汐能

我国潮汐能蕴藏量丰富， 1.9×10^8 kW，全部转化成电能，年发电量近 618×10^8 kW·h。



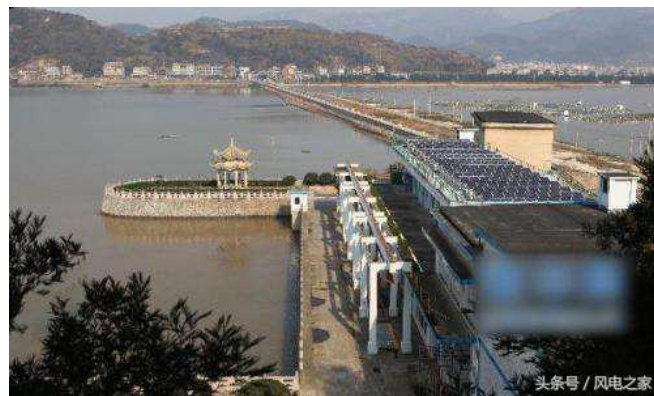
我国潮汐能源分布

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 潮汐能

- 第一座具有商业实用价值的潮汐电站是1967年建成的法国郎斯电站。总装机容量24万千瓦，年发电量5亿多度。
- 我国第一座双向潮汐电站—江夏潮汐电站，1980年投入运行，装机容量3200kW，是我国已建成的最大的潮汐电站。



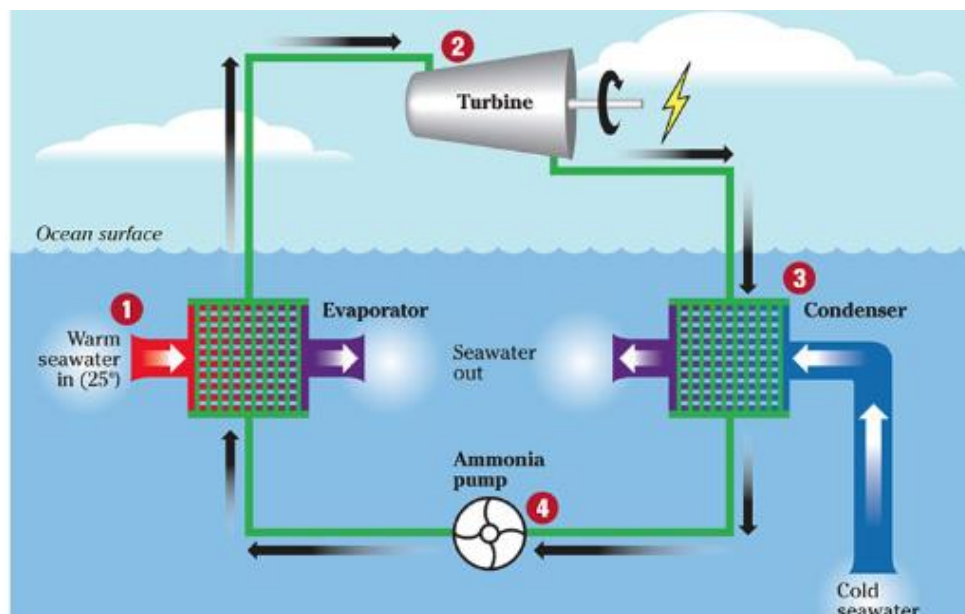
江夏潮汐电站

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 海水温差能

海水温差能是指海洋表层海水和深层海水之间水温差的热能，是海洋能的一种重要形式。



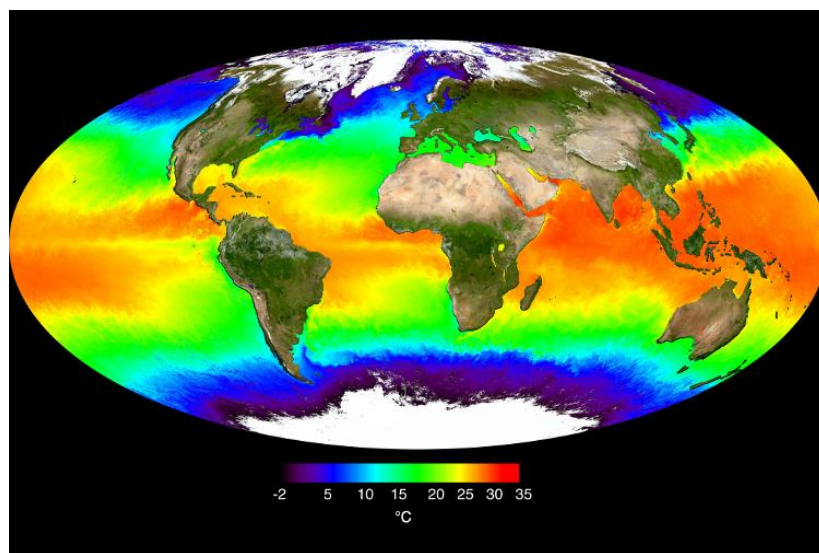
温差能发电原理

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 海水温差能

在热带或亚热带海域，由于太阳辐射强烈，表层水温25-30℃，深层海水5℃左右，终年形成20℃以上的垂直海水温差，利用这一温差可以实现热力循环并发电。



全球海洋表面温度分布图

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 海水温差能

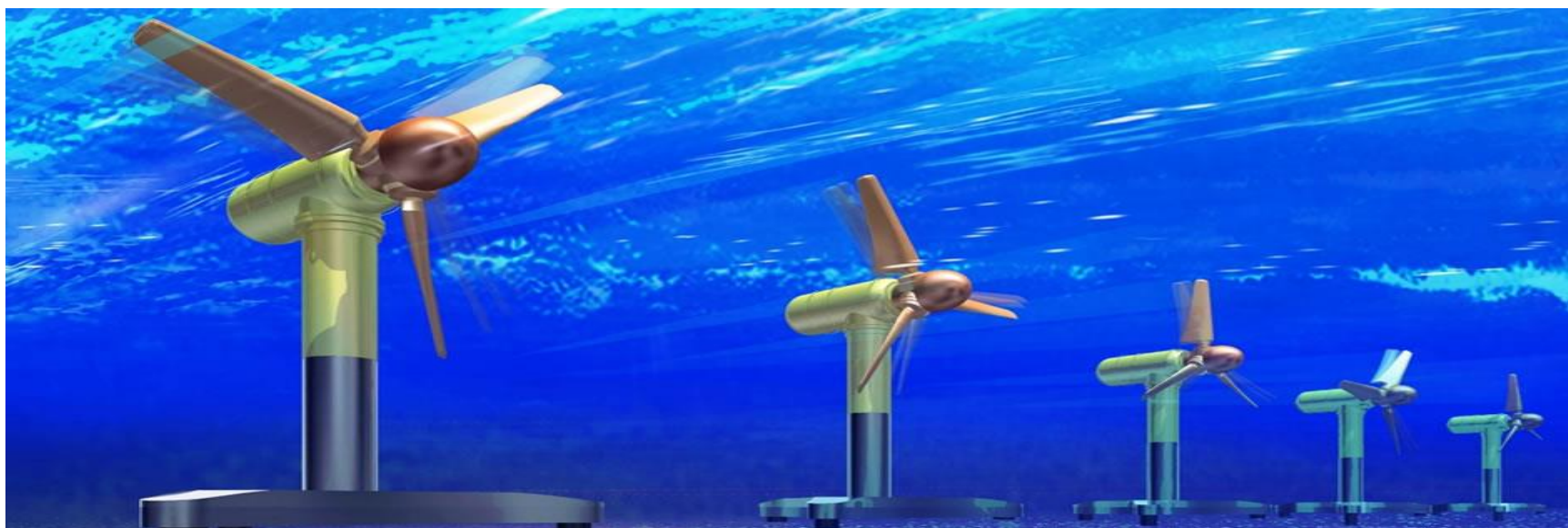
- 1881年**法国物理学家德阿松瓦尔**首次提出利用海水温差发电设想。
- 1930年，其学生**克劳德**在古巴海滨建造了世界上第一座海水温差发电试验装置，获得了10kW的功率。
- 温差能利用的最大困难是温差大小，能量密度低，其效率仅有3%左右，而且换热面积大，建设费用高，各国仍在积极探索中。

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 海流能

海洋中海水流动所具有的动能称为海流能。海流的能量与流速的平方和流量成正比。几乎任何一个风力发电装置都可以改造成成为海流能发电装置。

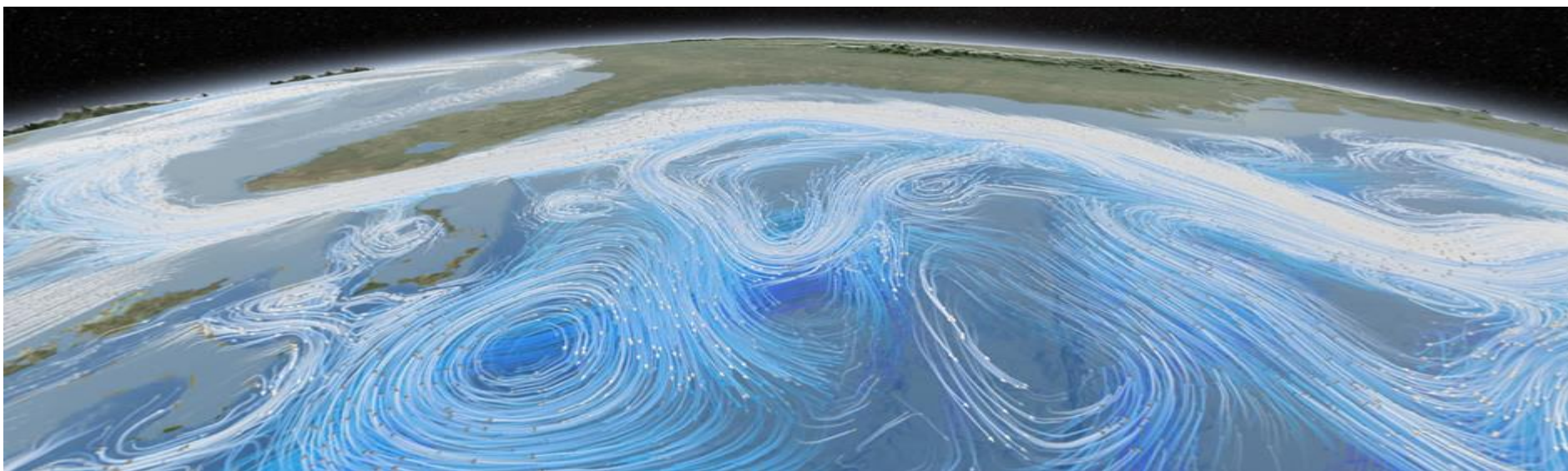


3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 海流能

海洋中由于海水温度、盐度分布的不均匀而产生海水密度和压力梯度，或由于海面上风的作用等原因产生了海水大规模的方向基本稳定的流动。



3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 海流能

- 全世界海流能的理论估算值约为 10^8 kW量级，我国沿海海流能的年平均功率理论值约为 1.4×10^7 kW量级。
- 由于海水的密度约为空气的1000倍，且必须放置于水下，故海流发电存在着一系列的关键技术问题，包括安装维护、电力输送、防腐、海洋环境中的载荷与安全性能等。

3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 盐度差能

盐度差能是指海水和淡水之间或两种含盐浓度不同的海水之间的化学电位差能，是以化学能形态出现的海洋能。主要存在与河海交接处。

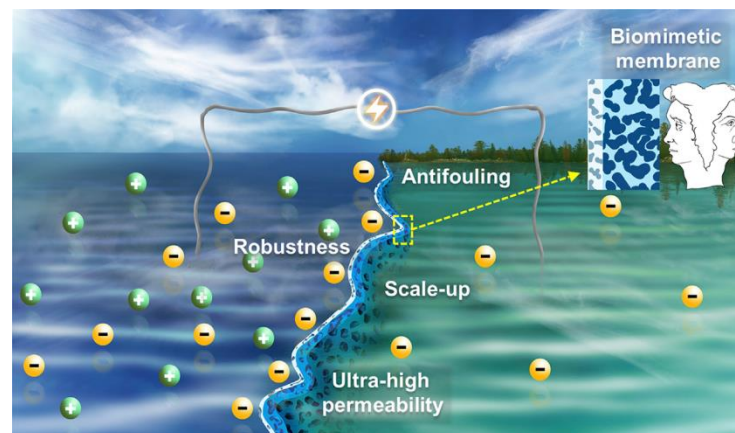
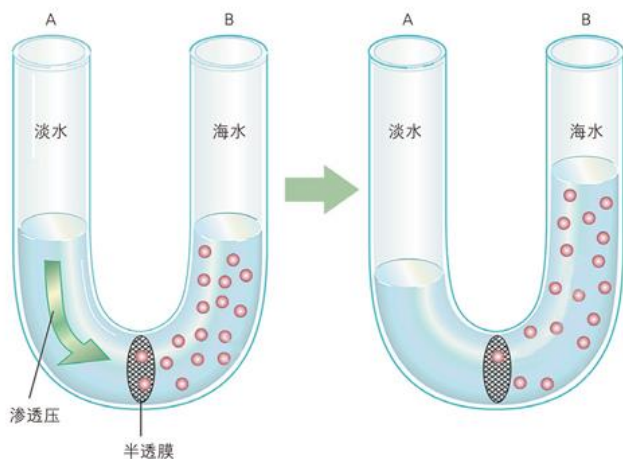


3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 盐度差能

用一层只能通过水分子而不能通过盐离子的半透膜隔开两种不同盐浓度的海水被时，两边的海水就会产生一种渗透压，使水分子从浓度低的一侧通过半透膜向浓度高的一侧渗透，继而浓度高的一侧水位升高，这个液位差就是能量。



3. 海洋能开发

3.3 海洋能分类

➤ 盐度差能

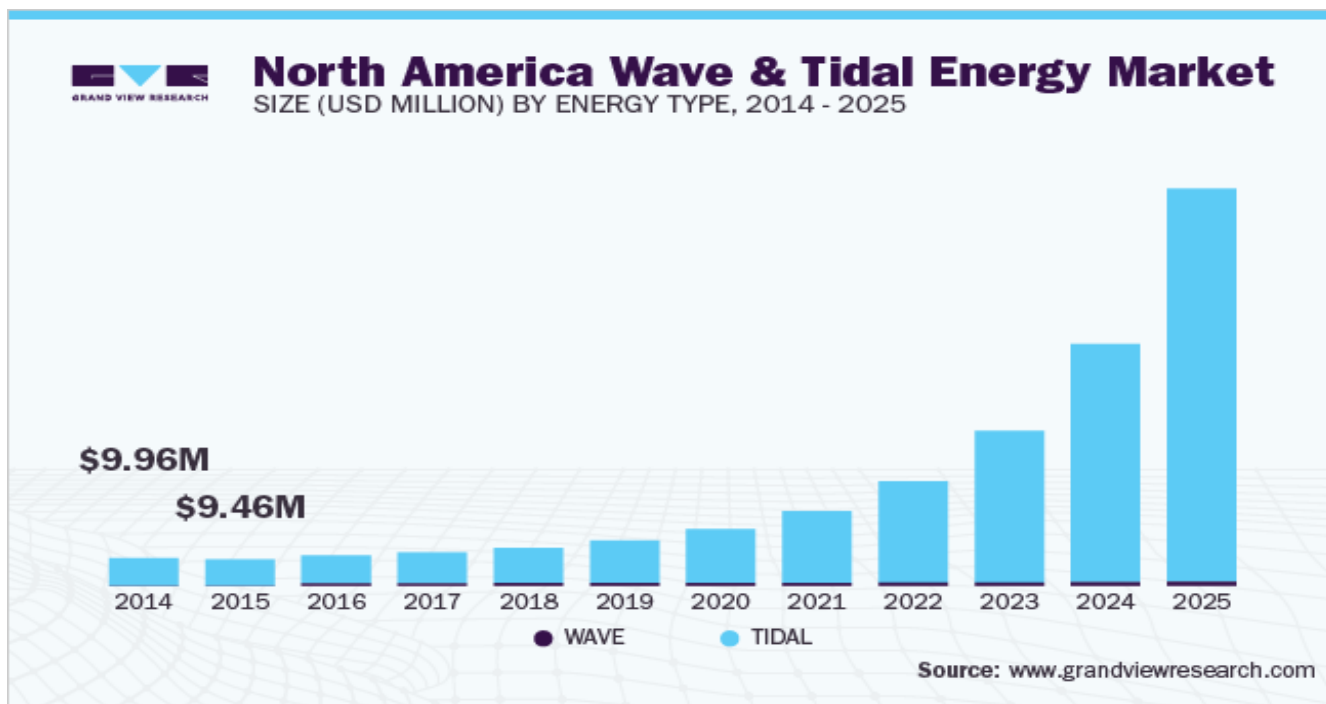
- 据估计，世界各河口区的盐差能达 $3 \times 10^{10} \text{kW}$ ，可利用的 $2.6 \times 10^9 \text{kW}$ 。
- 我国的盐差能估计为 $1.1 \times 10^8 \text{kW}$ ，主要集中在各大江河的出海处，我国青海省等地内陆盐湖可以利用。
- 总体上，对盐差能这种新能源的研究还处于实验室实验水平，离示范应用还有较长的距离。

3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 潮汐能发电

潮汐能发电工程技术正向着中型、大型发展。



北美波浪能、潮汐能市值发展趋势

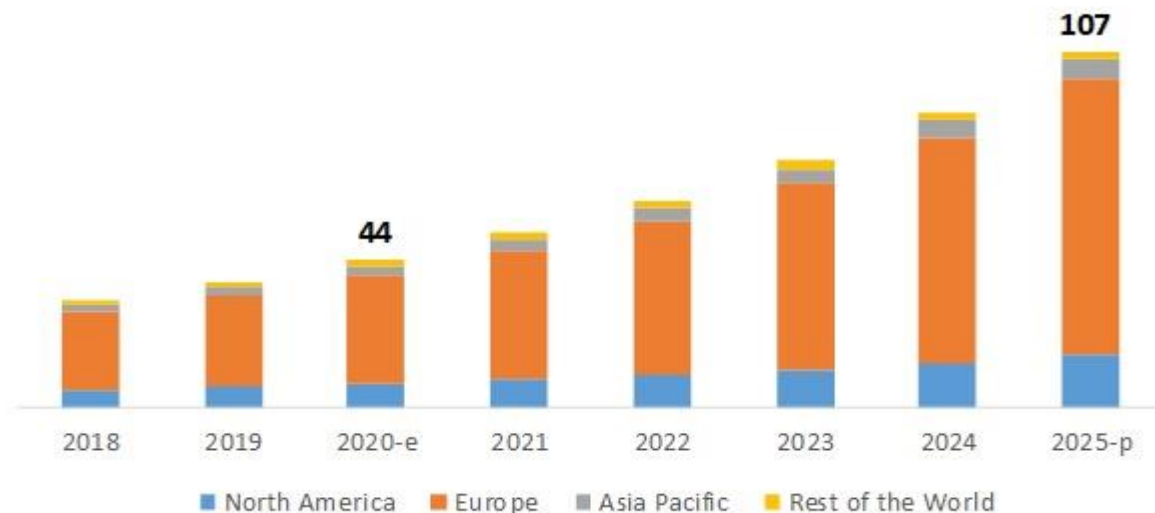
3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 波浪能发电

波浪能发电技术日趋成熟，正向着实用化、商品化发展。

Wave Energy Market, By Region (USD Million)



e- Estimated; p- Projected

世界波浪能市值份额发展趋势

3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 海洋温度差发电

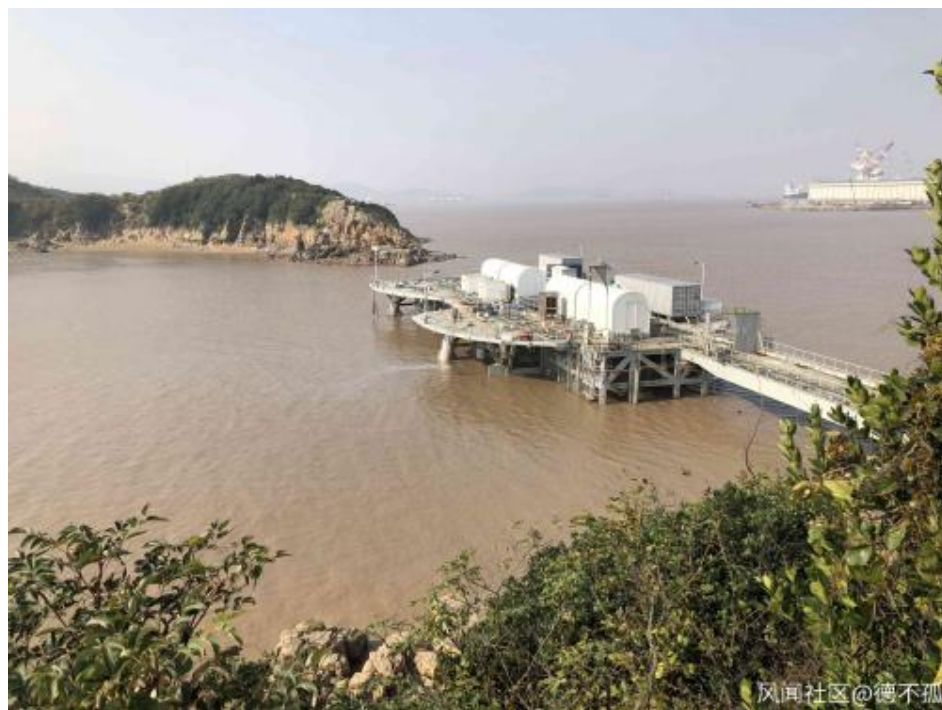
- 1961年法国在西非海岸建成两座3500kW的海水温差发电站。
- 1979年美国和瑞典在夏威夷群岛上共同建成装机容量为1000千瓦的海水温差发电站
- 美国计划在21世纪初建成一座100万千瓦的海水温差发电装置，以及利用墨西哥湾暖流的热能在东部沿海建立500座海洋热能发电站，发电能力达2亿千瓦。

3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 海洋海流能发电

2016年，世界首台3.4兆瓦LHD林东模块化大型海洋潮流能发电机组在舟山岱山海域正式启动发电。意味着世界最大的潮流能发电站将在此诞生，**中国在海洋潮流能利用领域跨入世界先进行列。**



3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 海洋盐度差发电

盐差发电技术最为关键的组件—**渗析膜**。

盐差能发电以美国、以色列的研究较为领先，中国、瑞典和日本等也开展了一些研究。1985年我国在西安采用半透膜，研制成功干涸盐湖浓差能发电实验室装置，半透膜面积为 14m^2 。试验中淡水向溶液浓盐水渗透，溶液水柱升高10 m，推动水轮发电机组发电功率为0.9–1.2W。

相比其他海洋能而言，盐差能利用技术还处于**实验室原理研究阶段**。

3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 海洋能开发技术发展的总趋势

● 规模大型化

蕴藏丰富、密度低特点

2020年6月30日上午，自然资源部海洋可再生能源资金项目“南海兆瓦级波浪能示范工程建设”首台500千瓦鹰式波浪能发电装置“舟山号”交付。

世界单体规模最大
海上可移动波浪发电平台



3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 海洋能开发技术发展的总趋势

● 规模大型化

蕴藏丰富、密度低特点

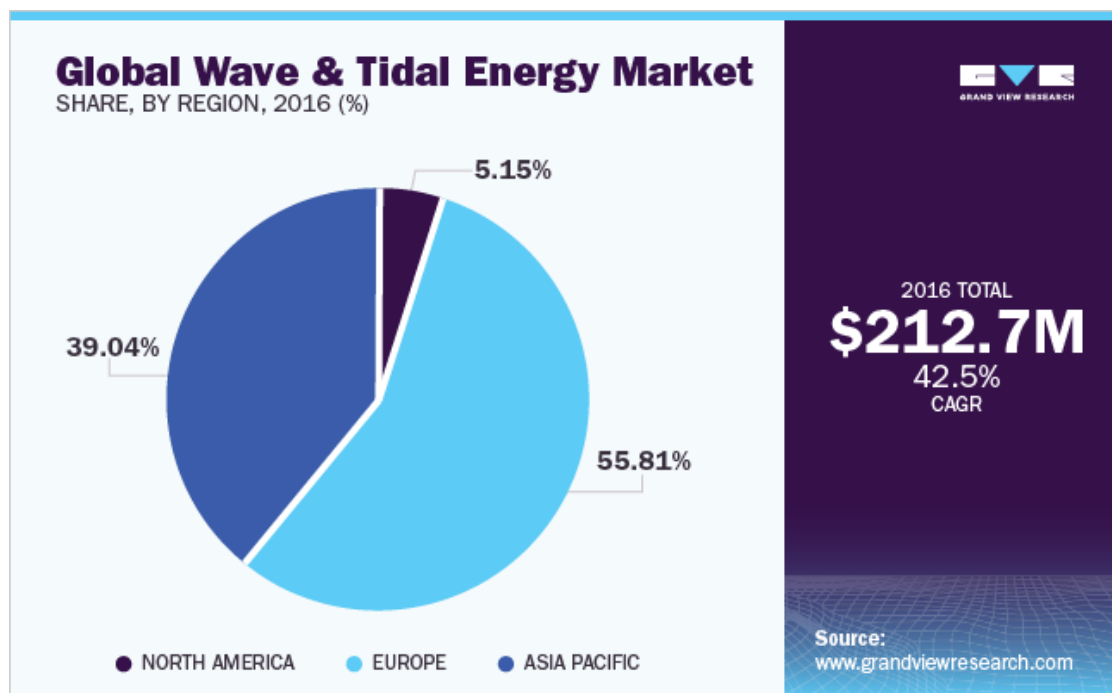
全球最大的潮汐能发电站“MeyGen”，2016年11月在英国彭特兰海峡投产。到2024年将可生产约1.9GW的电力，相当于苏格兰地区总用电量的43%。



3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

- 海洋能开发技术发展的总趋势
- 产品商用化——**可持续，商用价值。**



全球波浪能和潮汐能能源市场份额

3. 海洋能开发

3.4 海洋能发电趋势

➤ 海洋能开发技术发展的总趋势

● 用途综合化

降低成本，综合开发利用

“万山号”波浪能发电装置：长36米，宽24米，高16米，为半潜驳与波浪能转换设备的结合体，装机120 kW。



顶部装有太阳能发电板、风力发电机和海水淡化装置，最终建成一座漂浮式**多能互补发电**制淡平台。

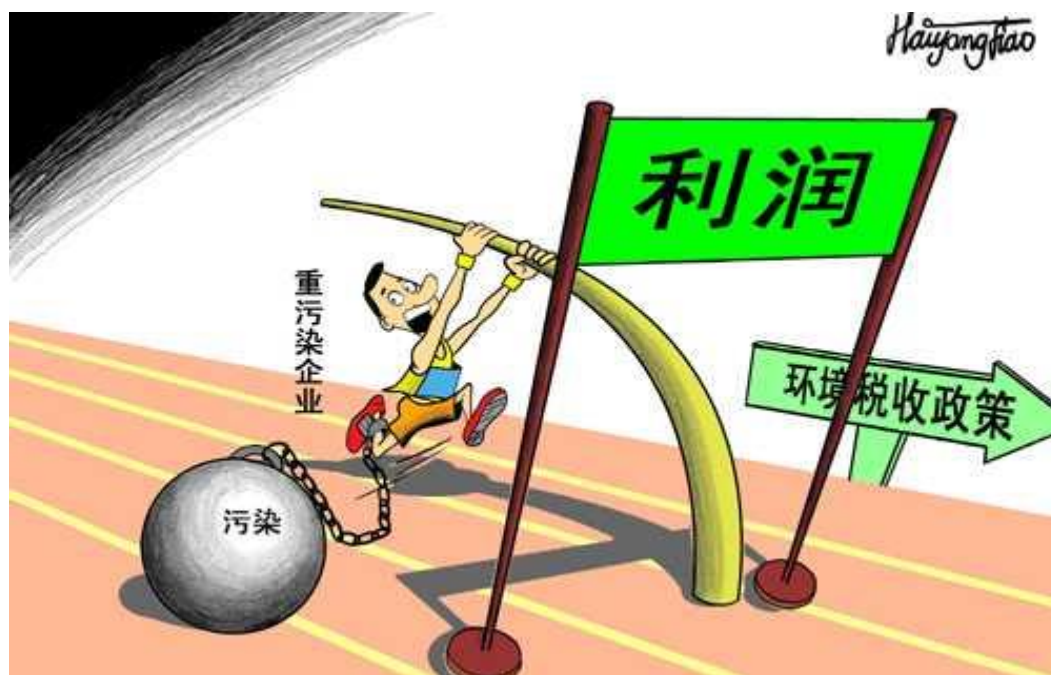


3. 海洋能开发

3.5 海洋能开发利用的制约因素

➤ 社会成本

传统能源会产生污染，增加社会成本，海洋能要较大幅度进入能源市场，对其减少上述社会成本问题提出更高要求。



3. 海洋能开发

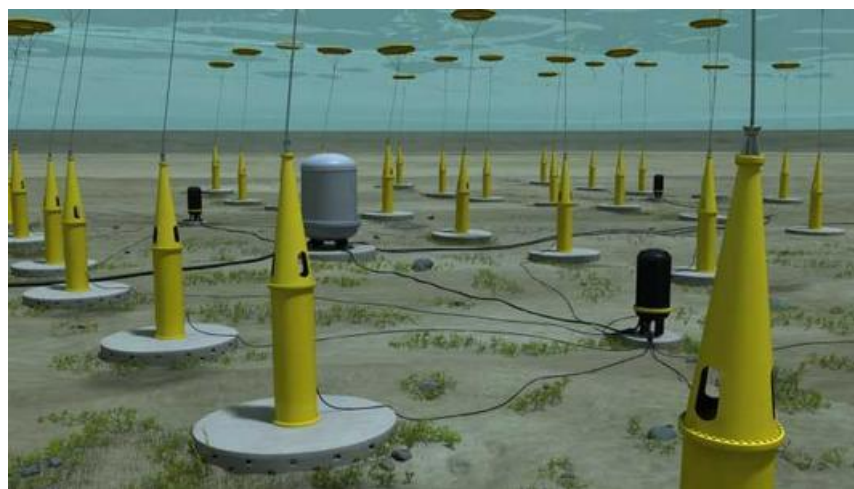
3.5 海洋能开发利用的制约因素

➤ 经济成本

海洋能能量密度低，利用装置效率低，发电有间歇式特点，装置体积大，价格昂贵，投资成本高。



体积庞大



布置范围广

3. 海洋能开发

3.5 海洋能开发利用的制约因素

➤ 风险影响

投资强度大，在海上不确定因素多，有投资风险。



海啸巨浪



台风地震

思考题

- 1、何为海洋能？海洋能的分类有哪些？
- 2、海洋能有哪些特点？海洋能开发利用面临哪些制约因素？