

# Notebook of the Ocean Engineering Environment

Liu & Jian

2018 年 1 月 10 日

## 目录

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>4</b>
1.1	Defination . . . . .	4
1.2	海洋的基本特性 . . . . .	4
1.3	海洋科学发展 . . . . .	5
1.4	中国沿岸近海海域特点 . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Fundamentals of Ocean Environment</b>	<b>6</b>
2.1	Earth . . . . .	6
2.2	海洋沉积与海岸地貌形态 . . . . .	6
2.3	海水温度及其主要热性质 . . . . .	7
2.4	海水盐度-标度, 重要特性, 基本参数 . . . . .	7
2.5	海水密度及海水状态方程 . . . . .	7
2.6	大洋温度, 盐度, 密度的特征 . . . . .	7
2.7	中国近海温度, 盐度, 密度的特征 . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Wind</b>	<b>9</b>
3.1	summary . . . . .	9
3.2	大气压强场和风场 . . . . .	9
3.3	风速计算 . . . . .	10
3.4	风对结构物的作用力 . . . . .	10
<b>4</b>	<b>波动现象</b>	<b>10</b>
4.1	Summary . . . . .	10
4.2	波浪理论 . . . . .	11

4.3	随机过程的海浪 . . . . .	11
4.4	浅海近岸的海浪特性 . . . . .	11
4.5	海浪观测及中国近海波浪 . . . . .	11
4.6	波浪作用力 . . . . .	12
4.7	海啸, 风暴潮, 内波 . . . . .	12
<b>5</b>	<b>潮汐</b>	<b>12</b>
5.1	潮汐现象 . . . . .	12
5.2	潮汐要素定义 . . . . .	12
5.3	潮高计算 . . . . .	13
5.4	引潮力 . . . . .	13
5.4.1	公转惯性离心力 . . . . .	13
5.4.2	引力 . . . . .	13
5.4.3	引潮力 . . . . .	13
5.4.4	结论 . . . . .	13
5.5	平衡潮理论 . . . . .	13
5.5.1	平衡潮理论假定 . . . . .	13
5.5.2	结论 . . . . .	14
5.6	潮汐的周期性 . . . . .	14
5.6.1	平衡潮潮高 . . . . .	14
5.6.2	假想天体和分潮 . . . . .	14
5.6.3	潮汐类型的工程计算 . . . . .	14
5.7	潮汐动力理论 . . . . .	15
5.7.1	提出 . . . . .	15
5.7.2	潮流 . . . . .	15
5.8	潮汐特征与水位变化 . . . . .	15
5.8.1	潮位与潮位特征值 . . . . .	15
5.8.2	工程水位 . . . . .	15
5.9	中国近海潮汐与潮流 . . . . .	15
5.9.1	潮汐性质 . . . . .	15
5.9.2	近海潮流 . . . . .	16
5.9.3	潮差 . . . . .	16
<b>6</b>	<b>海流</b>	<b>16</b>
6.1	海流概述 . . . . .	16
6.1.1	概述 . . . . .	16
6.1.2	海流的影响 . . . . .	16

6.1.3	海流命名方法	17
6.1.4	综述	17
6.1.5	重力	17
6.1.6	压强梯度力、海洋压力场	17
6.1.7	地转偏向力	18
6.1.8	切应力	18
6.1.9	引潮力	18
6.2	地转流	18
6.3	风海流	18
6.3.1	深海漂流特性	18
6.3.2	浅海基本特征	18
6.3.3	风海流的体积运输	18
6.3.4	上升流与下降流	19
6.4	大洋环流	19
6.4.1	风生大洋环流	19
6.4.2	热盐环流	19
6.5	海气相互作用和厄尔尼诺现象	19
6.5.1	海洋在气候系统的地位	19
6.5.2	基本特征	19
6.5.3	厄尔尼诺现象	19
6.6	中国近海环境	20
6.7	海流作用力	20
<b>7</b>	<b>海冰</b>	<b>20</b>
7.1	海冰概述	20
7.1.1	概述	20
7.1.2	海冰灾害	20
7.1.3	对我国的影响	20
7.1.4	冰情划分	20
7.1.5	我国特点	21
7.1.6	重要性	21
7.2	研究手段	21
7.3	形成过程	21
7.3.1	盐度与密度	21
7.3.2	海冰类型	21
7.4	物理力学特性	21
7.4.1	抗压强度	22

1	INTRODUCTION	4
7.4.2	抗弯强度 . . . . .	22
7.4.3	剪切强度 . . . . .	22
7.4.4	弹性模量 . . . . .	22
7.5	海冰作用力 . . . . .	22
7.5.1	海冰的破坏形式 . . . . .	22
7.5.2	海冰作用力 . . . . .	22
7.5.3	海冰对 <u>锥形结构物</u> 的作用力 . . . . .	23
7.5.4	冰振现象 . . . . .	23
8	Optics and Acoustics in Ocean	23
8.1	Opitcs . . . . .	23
8.2	Acoustics . . . . .	24
9	海洋环境保护	24
9.1	海水的化学组成 . . . . .	24
9.2	海洋金属腐蚀与防护 . . . . .	25
9.3	海洋生物及其环境 . . . . .	26
9.4	海洋生态系统, 重要 . . . . .	26
9.5	海洋环境问题, 重要 . . . . .	26
10	testpaper	28

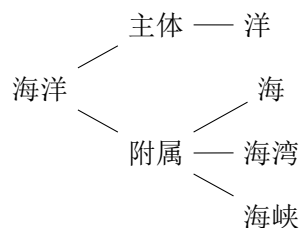
# 1 Introduction

## 1.1 Defination

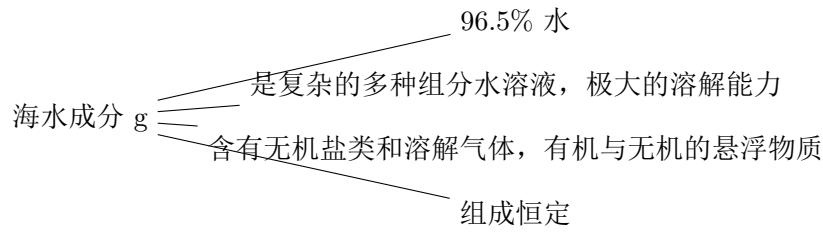
- a) 海洋工程是基于科学的原理和工程技术方法对海洋及海洋资源进行研究、开发、利用与保护的一项海上工程活动;

## 1.2 海洋的基本特性

海洋是地球表面包围陆地和岛屿的广大而连续的含盐水体. 面积广大而相互连通, 陆地被海洋环抱与隔离.7:3, 北陆南水,3795m.



- 1) 根据海洋要素特点, 地貌及形态特征



2)

3) 海洋是全球气候的调节器, 太阳辐射是地球的能量来源, 其  $\frac{4}{5}$  被海洋吸收, 3100:1

4) 运动是海洋最基本的特征

5) 风暴潮, 海浪, 海啸, 海冰

### 1.3 海洋科学发展

#### 1) 中国近海海洋综合调查与评价项目 tian

- (a) 范围: 内水、领海和部分领海以外海域
- (b) 南极长城站, 中山站. 北极黄河站. 承担南、北极考察任务的“雪龙”号极地考察船
- (c) < 国家中长期科学和技术发展规划纲要 >-前沿技术: 海洋环境立体监测技术, 大洋海底多参数快速探测技术, 天然气水合物开发技术, 深海作业技术.

### 1.4 中国沿岸近海海域特点

- 1) 特点: 东南两面濒海, 范围面积广 300W, 海岸线长, 岛屿众多
- 2) 渤海面积最小, 浅海, 冬天沿岸大都冰冻 (tian). 黄海浅海. 东海兼具浅海和深海特征, 生产力最高. 南海深海. 盐度: 渤海 < 黄海 < 东南
- 3) 海洋法

日内瓦会议-> 临海与毗连区公约, 公海公约, 捕鱼与养护公海生物资源公约, 大陆架公约. 联合国海洋法公约 94 年生效, 正式划分 8 个海域.

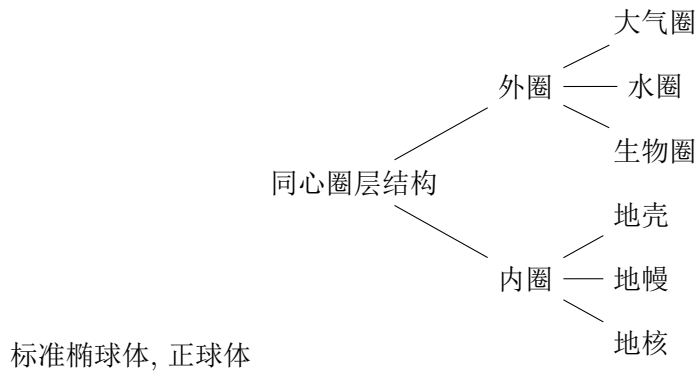
- (a) 内水: 领海基线 向内一侧的全部水域. (中华人民共和国领海及毗连区法:: “中国大陆及其沿海岛屿的领海以连接大陆岸上和沿海岸外缘岛屿上各基点之间的各直线为基线)
- (b) 12 海里领海制度: 沿岸国对其领海, 领海的上空及其海床和底上享有主权

- (c) **毗连区**: 毗连领海, 宽度为从领海基线向外量起不超过 24 海里的区域.
- (d) **200 海里专属经济区制度和大陆架制度**: 沿海国领海以外并邻接领海的一个国家管辖的海域

## 2 Fundamentals of Ocean Environment

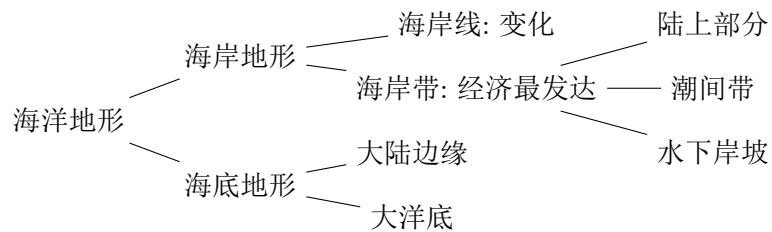
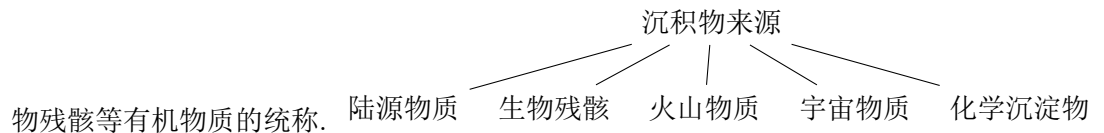
### 2.1 Earth

大地水准面: 地球等势面, 地面点高程起算的基准面. 大地体.

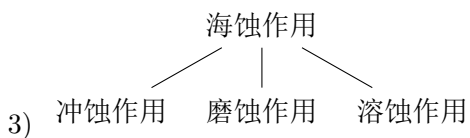


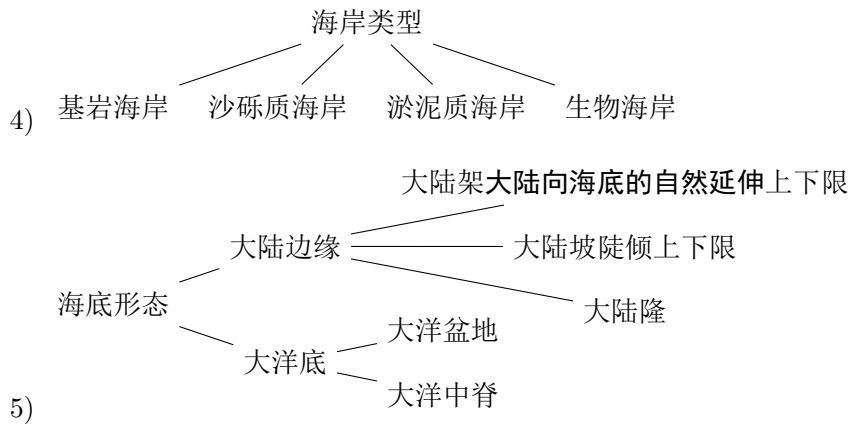
### 2.2 海洋沉积与海岸地貌形态

- 4) 海洋沉积: 通过海水搬运而沉降覆盖堆积在海底的泥, 砂等无机物质和生



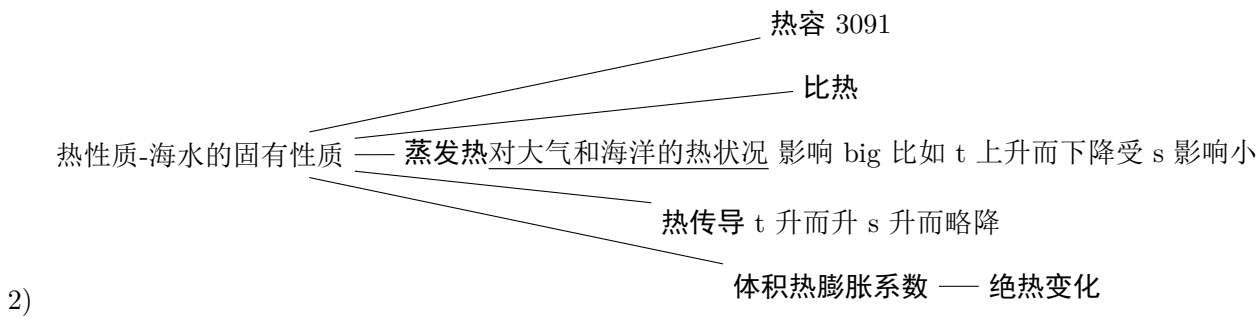
- 2) 海洋地形





### 2.3 海水温度及其主要热性质

#### 1) 海水温度



### 2.4 海水盐度-标度, 重要特性, 基本参数

### 2.5 海水密度及海水状态方程

是海水状态参数温度, 盐度, 压力与密度或比容之间的函数式

### 2.6 大洋温度, 盐度, 密度的特征

1. 海洋热收支 太阳辐射能  $Q_S$ , 海洋有效回辐射  $Q_B$ , 海汽间的热感交换  $Q_H$ , 蒸发  $Q_E$  (海汽热交换的三种方式).

海面热收支余量  $Q_t = Q_S - Q_B \pm Q_H \pm Q_E$ , 大洋  $Q_t = 0$

海洋内部热交换: 垂直方向的热输运  $Q_Z$ -海面的风浪流引起的涡动混合, 水平方向  $Q_A$ -海流

全热量平衡

2. 大洋表层的分布特征:

(a) 等温线大致沿纬线呈带状分布

(b)

### 3. 垂直分布

(a) 水温大体上随深度的增加呈不均匀递减, 沿深度分布存在层化态.

**跃层:** 水文要素在铅直方向上出现的跃变水层. 大洋主温跃层, 季节性温跃层.

**温跃层强度标准**

4. 大洋水温的变化: 1) 日变化很小 2) 大洋表层温度的年变化主要受制于太阳辐射的年变化 3) 年变幅因海域不同以及海流性质、盛行风系的年变化和结冰融冰等因素的变化而不同

### 5. 海洋的水平衡

### 6. 盐度的分布变化特征.

**盐跃层:** 盐度垂直梯度较大的水层. 永久性, 季节性盐跃层. 盐跃层强度标准

### 7. 密度的分布变化

## 2.7 中国近海温度, 盐度, 密度的特征

### 1. 水温:

(a) 水平: 冬季表面水温自北向南显著增高; 2 月最低, 8 月最高

(b) 垂直: 显著的季节变化

(c) 近海水温变化: 1) 日变化与气温日变化、天气状况有关, 变化趋势一致。2) 随深度增加, 日变化差减小。3) 日变化: 沿岸海区 > > 中央海区, 北部海区 > > 南部海区。4) 年变化比日变化大许多, 自北向南递减。5) 浅海、边缘海等受大陆影响比大洋年变幅大

2. 盐度: 河口低, 外海高. 北海区低, 渤海, 南高, 南海. 浅海季节性跃层在各海区发达

3. 密度: 1) 南部海区低, 北部海区高. 2) 冬季明显大于夏季. 3) 夏季出现强大的密度跃层



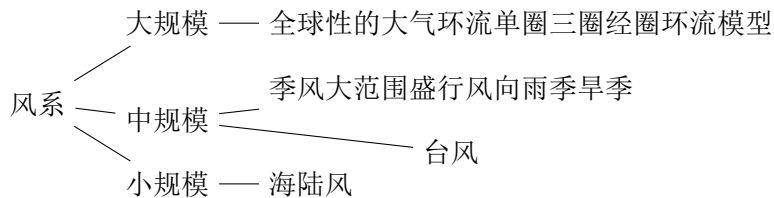
## 3 Wind

### 3.1 summary

- 1 风是空气相对于地面的水平运动, 由气压差产生
- 2 风的作用: 大气显示能量的一种方式, 影响整个地球大气的运动
- 3 复杂性 (紊动性与阵发性) 阵风性  $F_a$  气旋, 寒潮-> 大风-> 海洋结构物破坏
- 4 风 (浪) 载荷: 海洋工程结构物的设计控制载荷
- 5 风向. 来向, 16 个方位, 风玫瑰图-风在各个方向的强弱和出现次数
- 6 蒲福风力等级表

### 3.2 大气压强场和风场

- 1 大气压强  $p$ : 观测高度到大气上界单位面积上铅直空气柱的重量. 一个标准大气压: 温度为  $0^\circ\text{C}$ , 纬度为  $45^\circ$  的海平面的大气压. 1013.25 hPa
- 2 自由大气: 边界层 (地表上 1-1.5km) 以上的理想大气
  - (a) 气压梯度力
  - (b) 科里奥利力变向
  - (c) 地转风 **水平等速直线**, 自由大气中实际风的良好近似. 背风而立, 高压在右, 低压在左.  
地转平衡: 自由大气中水平气压梯度力与科里奥利力二者的平衡.
  - (d) 梯度风, 对应气旋效应显著的风场. 背风而立, 高压在右, 低压在左.  
绕高压中心作顺时针方向运动, 绕低压中心作逆时针方向运动。  
梯度平衡: 自由大气中, 水平气压梯度力, 科里奥利力与等速曲线运动离心率三者平衡.



### 3.3 风速计算

1. 地转风速  $V_g$
2. 梯度风速  $V_{gr}$
3. 海面风速  $V_s$
4. 标准高度 10m, 高度 <100m, 对数公式;>100m, 指数公式
5. 10min 时距
6. 观测站资料: 风速, 风向, 最大风速 (年最大风速  $x_{uan}$ ) 与极大风速, 常向风, 强向风. 主导风向. 重现期 30,50,100

### 3.4 风对结构物的作用力

1. 作用力
2. 风载荷规范计算: 海上移动平台, 海上固定平台, API, LR 规范
3. 涡激现象: 刚性较低的细长构件  
稳定风绕过圆柱-> 产生交错排列的卡门涡街-> 产生横向力, 横向振动, 斯特劳哈尔数

## 4 波动现象

### 4.1 Summary

是海水运动的主要形式之一, 具有巨大的能量, 一种复杂的自然现象, 由多种自然因素引起.

1. 海浪 = 风浪 + 涌浪  
风浪: 风直接作用下产生的水面波动;  
涌浪: 风浪离开作业海区后或风速急剧下降后由重力惯性继续作用而成.
2. 海浪的研究手段: 理论方法, 实验模拟, 现场观测.
3. 海浪灾害. 海浪要素是海洋工程结构物在设计施工中必须考虑的环境载荷条件之一. 海浪要素: 波长周期波速波高振幅, 波陡, 波峰线, 波向线-与波峰线相垂直的线, 表示波动传播方向.

不规则波的海浪要素, 采用上跨零线相交法定义. 周期, 平均周期. 波高 (平均波高, 有义波高, 十分之一大波波高, 累计率波高, 最大波高). 波长.

4. 海浪要素分布:1) 深水波高服从瑞利分布.2)

## 4.2 波浪理论

运动方程 + 连续方程 + 边界条件; 假定: 流体无粘, 运动无旋, 波面压力为常数; 振幅波长比  $a/\lambda$  大小作不同处理.

1. 小振幅重力波: 波动振幅相对波长为无限小,  $a/\lambda \ll 1$ . 重力是其唯一外力, 线性理论结果.

(a) 前进波: 波高, 波数, 波速, 圆频率, 色散关系: 水深一定, 不同波长的水波以不同速度传播而导致波的分散现象.  $\omega^2 = kg \tanh(kh)$ . 波动总能量, 分类, 椭圆/圆

(b) 驻波: 波型不向外传播

(c) 波群: 许多频率不同的波叠加在一起而在波面上形成波群, 以群速传播

## 4.3 随机过程的海浪

1. 海浪谱: 只用于说明海浪能量相对于频率分布的谱

## 4.4 浅海近岸的海浪特性

1. 海浪的破碎: 崩破波, 卷破波, 激破波

## 4.5 海浪观测及中国近海波浪

海浪观测的主要项目: 浪高, 波长, 周期, 波速, 波型, 波向, 海况. 观测方式目测, 仪测, 观测海浪时, 应同时观测风速, 风向, 水深

1. 海浪玫瑰图

2. 中国近海波浪特性:1) 季节性强: 冬季盛行偏北风-> 偏北浪, 夏季盛行偏南风-> 偏南浪, 春秋为其过渡季节; 冬春季多寒潮和冷空气, 夏秋季多台风和热带气旋; 造成沿海波况以寒潮浪及台风浪为主.2) 浪高分布特性: 冬季平均浪高最大, 夏季低; 冬季风浪周期最大, 夏季小; 北部小, 南部大.

#### 4.6 波浪作用力

#### 4.7 海啸, 风暴潮, 内波

1. 海啸由海底地震, 火山爆发, 塌陷和滑坡引起. 特点: 突发难预测, 作用距离远, 危害大.
2. 风暴潮是我国海洋灾害之首, 分为台风风暴潮和温带风暴潮. 阶段: 先行涌浪-> 风暴潮-> 余震阶段. 移动至近岸浅水区水位急剧增高. **风暴潮 + 天文大潮 + 降水**-> 海面水位暴涨, 侵入内陆造成危害
3. 内波是发生在海水密度层结稳定的海洋中的一种波动, 最大振幅出现在海面以下. 产生条件: 存在稳定密度分层, 有扰动源.

## 5 潮汐

### 5.1 潮汐现象

- a) 潮汐现象是指海水在天体**引潮力**作用下所产生的周期性运动
- b) 海面的**周期性铅直向涨落**———**潮汐**
- c) 海水在**水平方向**的流动———**潮流**
- d) 天体潮由月球和太阳等天体的引潮力引起的潮汐
- e) 太阴潮由月球的引潮力引起的潮汐
- f) 太阳潮有太阳的引潮力引起的潮汐

### 5.2 潮汐要素定义

- a) 涨潮一个潮汐周期内潮位上升的过程
- b) 高潮潮汐涨落一周期内最高的潮位
- c) 平潮高潮前后一段时间内海面处在**不涨不落**的平衡状态
- d) 高潮时平潮的中间时刻
- e) 落潮一个潮汐周期内潮位下降的过程
- f) 低潮潮汐涨落一周期内最低的潮位
- g) 停潮低潮前后一段时间内海面处在**不涨不落**的平衡状态
- h) 低潮时停潮的中间时刻

### 5.3 潮高计算

潮高从潮汐基准面算起；潮差等于相邻高、低潮位之差。

### 5.4 引潮力

#### 5.4.1 公转惯性离心力

地球绕地月公共质心公转平动的结果，使得地球各质点都受到大小相等、方向相同的公转惯性离心力的作用单位质量海水所受的惯性离心力为

$$f = GM/D^2$$

#### 5.4.2 引力

$$f = GM/L^2$$

#### 5.4.3 引潮力

引潮力指天梯引力和惯性离心力的合力其中月球引潮力指的就是地球绕地月公共质心运动产生的惯性离心力与月球引力的合力。分解示意图见原版 ppt

#### 5.4.4 结论

- a) 引潮力与天体的质量成正比，与天体到地球中心距离的三次方成反比
- b) 月球引潮力是太阳的 2.17 倍
- c) 海洋潮汐现象主要由月球产生，其实是由太阳产生，其他天体的引潮作用很小。

### 5.5 平衡潮理论

#### 5.5.1 平衡潮理论假定

- a) 地球是一个圆球，其表面完全被等深的海水所覆盖，不考虑陆地的存在。
- b) 海水没有粘滞性，也没有惯性，海面能随时与等势面重叠。
- c) 海水不受地转偏向力和摩擦力的作用
- d) 重力与垂向压强梯度力平衡

### 5.5.2 结论

引潮力的作用使得潮汐为椭圆形状，其长轴指向月球。由于地球自转，地球表面相对于椭球形海面做相对运动，造成某一固定点发生周期性的涨落周期性的潮汐。

## 5.6 潮汐的周期性

- a) 半日周期潮月球在赤道上空：一日内有两个高潮和两个低潮，高潮高相等，低潮高也相等。
- b) 月球赤纬不为 0 的潮汐现象在高纬度地区出现正规日潮其他一些地区的海面两次高潮的高度不相等，两次涨潮时也不等，形成日不等现象赤道仍为正规半日潮
- c) 半月不等现象朔望之时，太阳、月球和地球在同一条直线上，高潮最高，低潮最低，潮差最大的潮汐（朔望大潮）上下弦时，太阳、月球和地球处于直角位置，两潮相互抵消减弱，潮差最小（方照小潮）
- d) 月不等现象月球近地点时潮差较大，远地点时潮差较小。
- e) 年不等现象在一年周期中，近日点有一年的变化周期。月赤纬有 18.61 年的变化周期。

### 5.6.1 平衡潮潮高

太阴潮最大潮差 54cm 太阳潮最大潮差 24cm 平衡潮最大潮差 78cm

### 5.6.2 假想天体和分潮

将周期性的潮汐看作是很多不同周期的潮汐叠加而成假设每一个分解的潮汐都对应一个天梯——假想天体分潮：这些假想天体对海水所引起的潮汐

### 5.6.3 潮汐类型的工程计算

潮型数

## 5.7 潮汐动力理论

### 5.7.1 提出

缺点理论与实际不符，没考虑海水的运动与地形的影响。拉普拉斯潮汐动力学理论。从动力学观点出发来研究海水在引潮力作用下产生潮汐的过程窄长半封闭的海湾中的潮汐和潮流是驻潮波（波节波腹）

### 5.7.2 潮流

引潮力作用下的海水作周期性的水平运动——潮流对应潮汐，存在半日周期潮流、日周期潮流、混合潮流

## 5.8 潮汐特征与水位变化

### 5.8.1 潮位与潮位特征值

潮位：受潮汐影响周期性涨落的水位平均海平面：消除了各种随机振动和短周期、长周期波动后的理想海面。

### 5.8.2 工程水位

设计高、低水位：海洋工程结构物正常使用条件下的高（低）水位设计高水位：高潮累积频率为百分之 10 的水位设计低水位：低潮累积频率为百分之 90 的水位校核高、低水位：海洋工程结构物在非正常工作条件下的高（低）水位利用多年的年最高、最低潮位资料，你和某一极值理论分布曲线，推算多年一遇可能出现的最高（最低）潮位值。

## 5.9 中国近海潮汐与潮流

中国近海潮汐主要由太平洋潮波传入，分两支进入中国海区：

1. 进入东海，引起东海，黄海渤海海面发生振动；
2. 经巴士海峡进入南海，引起南海海面振动。

引潮力直接产生的潮汐振动极小，难于存在独立的潮汐系统。

### 5.9.1 潮汐性质

1. 渤海：大部分为不正规半日潮，小部分为正规全日潮以及不正规全日潮
2. 东海：主要正规半日潮，部分海域不正规半日潮

3. 黄海：正规半日潮，小部分不正规半日潮

4. 南海：绝大部分不正规全日潮

### 5.9.2 近海潮流

1. 渤海：半日潮流为主

2. 黄海：大部分为正规半日潮流，一部分为不正规全日潮流，流速东大于西

3. 东海：西部正规半日潮流；东部不正规半日潮流，近岸流速大远岸流速小

4. 南海潮流弱

### 5.9.3 潮差

海区中央小，近海岸大东海最大，黄海渤海次之，南海最小

## 6 海流

### 6.1 海流概述

#### 6.1.1 概述

- 1) 海流是大规模相对稳定的流动
- 2) 海流是海水重要的普遍运动形式之一，是海洋环境中重要的物理现象
- 3) 所有的海洋现象都与海水运动（环流）有关
- 4) 将大洋各部分联系起来，使大洋的各种水文、化学要素及热盐状况保持长期相对稳定。
- 5) 海流首尾相连环流

#### 6.1.2 海流的影响

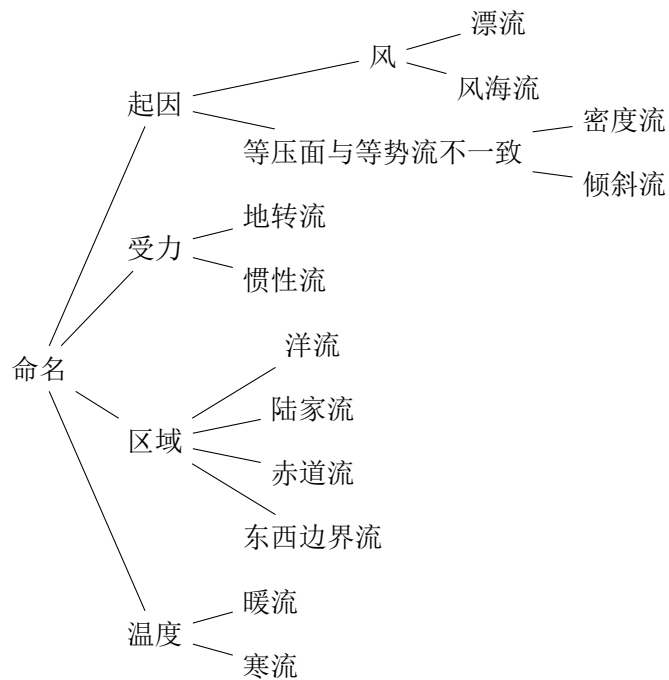
- 1) 海流的大小、方向与分布关系到海洋工程结构物的手里与稳定性能
- 2) 海底泥沙的冲淤与迁移规律
- 3) 海洋气候变化问题



4) 海洋污染灾害

5) 海洋渔业捕捞和海水养殖业的发展

### 6.1.3 海流命名方法



## 海流运动方程

### 6.1.4 综述

两大海水作用力:

- 1) 引起海水运动的力，如重力，压强梯度力，风应力，引潮力等
- 2) 由海水运动后派生出来的力地转偏向力、摩擦力等

### 6.1.5 重力

$g$  是纬度和深度的函数，重力和静止的海面垂直，静态的海洋表面是等势面

### 6.1.6 压强梯度力、海洋压力场

等压面：海洋中压强相等的点组成的面内压场：等压面的倾斜与海水的密度分布密切相关，密度分布不均匀就必然是等压面发生相对的倾斜。外压

场：风、气压变化、江河径流、降水增水等引起海面倾斜所产生的压力场

### 6.1.7 地转偏向力

科氏力的方向与运动物体方向垂直，在北半球，水平科氏力指向运动物体的右方，使运动方向不断向右偏

### 6.1.8 切应力

两层流体做相对运动时，由于分子粘滞性，在其界面上产生的一种切向作用力。

### 6.1.9 引潮力

天体引力与惯性离心力的合力

## 6.2 地转流

地转流：水平压强梯度力与科氏力取得平衡深海环流可近似看成地转流  $v_g = \frac{g}{f} \tan \beta$   $f$  为科氏参量， $\beta$  为等压面和等势面的夹角

## 6.3 风海流

水平湍流切应力与科氏力相平衡。

### 6.3.1 深海漂流特性

- a) 流速随深度  $z$  负向深度的加大而按指数型衰减
- b) 流失量与  $x$  轴的夹角随深度加深而不断右偏

### 6.3.2 浅海基本特征

有限深度海洋，受到海底摩擦作用，浅海风海流与无线深海漂流结构的差异水深  $h$  越浅，从上层到下层的流速矢量越是趋近风矢量的方向

### 6.3.3 风海流的体积运输

无限深海：只在  $x$  方向上存在，北半球海水的体积运输方向与风矢量垂直，且指向右方浅海：在  $x$ 、 $y$  方向上都存在，运输方向偏离风矢量角度小于九十度，水深越浅偏角越小

#### 6.3.4 上升流与下降流

风海流的体积运输——海水的集聚——海水堆积——补偿流——海水的垂向运动。

### 6.4 大洋环流

海面风力和热盐效应下，海水从某领域向另一海域流动而形成的首尾相连的独立循环系统或流涡

#### 6.4.1 风生大洋环流

风应力为驱动力的环流运动西向强化，流幅窄，流速大科氏力随纬度变化是主要原因

#### 6.4.2 热盐环流

以温、盐变化产生的密度梯度为驱动力的环流运动在大洋中下层占主导地位，流动相对缓慢是形成大洋中下层温盐分布特征及海洋层化结构的主要原因深海环流近似看成地转流

### 6.5 海气相互作用和厄尔尼诺现象

#### 6.5.1 海洋在气候系统的地位

地球气候系统最重要的组成部分海洋-大气相互作用是气候变化问题的核心内容海洋在气候系统的重要地位有海洋自身的性质所决定海洋对大气系统热力平衡的影响海洋对水汽循环的影响海洋对大气运动的调谐作用海洋对温室效应的缓解作用

#### 6.5.2 基本特征

- a) 海洋主要通过向大气输送热量，尤其是提供潜热
- b) 大气主要通过风应力向海洋提供动量，改变洋流及重新分配海洋的热含量
- c) 海洋混合层海洋相互作用通过大气和海洋混合层间热量、动量和质量直接交换而奏效

#### 6.5.3 厄尔尼诺现象

亚尼娜现象

## 6.6 中国近海环境

外海流系及沿岸流系组成外海流系包括黑潮、台湾暖流、对马暖流和黄海暖流沿岸流系：低盐性质的江河入海径流与盛行季风引起的风海流渤海风海流黄海风海流东海风海流南海沿岸流

## 6.7 海流作用力

产生涡激危害构件自振频率与旋涡发放频率相近，造成共振破坏措施刚性加固用扰流装置

# 7 海冰

## 7.1 海冰概述

### 7.1.1 概述

海冰是由海冰冻结而成的咸水冰，包括流入海洋的河冰和冰山等。占大洋面积的 3-4% 海冰和冰山是高纬度地区特有的海洋水文现象

### 7.1.2 海冰灾害

对交通运输生产作业海上设施和海岸工程等造成严重的灾害封锁港口和航导，破坏运输船舶和海洋工程设施，影响海上运输安全和工业、渔业生产。注意寒冷海域需要考虑海冰载荷

### 7.1.3 对我国的影响

发生在渤海和黄海北部 11 底由北向南结冰，2 月至 3 月由南向北消失辽东湾最严重

### 7.1.4 冰情划分

用于比较和反映海上结冰的轻重及影响程度指结冰范围、海冰厚度、海冰类型及其分布

- 1) 轻冰年
- 2) 偏轻年
- 3) 常年
- 4) 偏重年

## 5) 重冰年

### 7.1.5 我国特点

一年冰有初冰期、盛冰期、终冰期

### 7.1.6 重要性

设计结构考虑海冰作用力

海冰作用力大小与海冰的类型、几何尺度、冰速冰向、冰的物理作用力等性质密切相关

## 7.2 研究手段

现场观测试验研究理论研究

## 7.3 形成过程

形成条件：海水温度降至冰点并继续失热，相对冰点有过冷却现象并有凝结核存在

### 7.3.1 盐度与密度

结冰过程：纯水结成冰晶，将所含盐分排析出。未来得及排出部分则形成盐水泡，还含有气体海冰的盐度随冰厚增加而减小，冰龄越长，冻结得越厚则冰层中的平均盐度越低，密度越小

### 7.3.2 海冰类型

按结冰过程的发展阶段：初生冰：最初形成的海冰，针状或薄片状的细小冰晶；大量冰晶凝结，聚集成黏糊状或海绵状病。尼罗冰：初生冰继续增长，冻结成厚度 10cm 左右有弹性的薄冰层，易弯曲，易被折碎成长方形冰块饼状冰：破碎的薄冰片，外力作用下互相碰撞、挤压、边缘上升。初期冰：有尼罗冰或冰块直接冻结形成。一年冰：由初期冰发展而成的厚冰，时间不超过一个冬季老年冰：至少经过一个夏季而未融化的冰按运动形态划分：固定冰，流浮冰，按外形划分，平整冰，重叠冰，堆积冰，冰丘，冰山

## 7.4 物理力学特性

物理力学特性包括冰的晶体结构、厚度、含盐度、抗压强度和抗弯强度有明显的区域性。

作用在结构物上的冰压力主要取决于海冰自身的强度极限。海冰的破坏强度等于海冰作用在结构的最大静冰力。

#### 7.4.1 抗压强度

影响因素：海冰类型、温度、盐度、密度、加载速率、加载方向等  
加载率影响很大，抗压强度随加载率先增大再减小

#### 7.4.2 抗弯强度

缺乏完整的试验资料  
主要因素表现为随温度降低而增强，随盐水体积的增大而减弱

#### 7.4.3 剪切强度

一般，卤水体积增大，剪切强度减小。

#### 7.4.4 弹性模量

是温度、盐度的函数随温度降低而增大，随盐水体积增大而减小。

### 7.5 海冰作用力

#### 7.5.1 海冰的破坏形式

1. 挤压破坏：海冰垂直于桩柱时，因海冰的抗压强度小于结构物的应力而被破坏。
2. 弯曲破坏：海冰沿结构物的倾斜面作用时，海冰抗弯强度小而受弯破坏
3. 屈曲破坏：当厚度较小的薄冰与结构物发生挤压时，海冰丧失稳定性而被破坏
4. 其他破坏剪切破坏、剥落破坏、蠕变破坏

#### 7.5.2 海冰作用力

1. 海冰的水平挤压力：风或海流等作用下的危险受力，对平台直接作用最大。
2. 海冰的撞击力
3. 海冰的垂向附着力

4. 海冰的重力

5. 冰层膨胀挤压的膨胀力与结构物之间的摩擦力

### 7.5.3 海冰对锥形结构物的作用力

海冰作用于倾斜结构时, 冰排将沿斜面上移而弯曲, 海冰将以受弯形式先发生破坏。在海冰作用区采用锥形形式有利于减小海冰作用力。

### 7.5.4 冰振现象

冰振普遍存在, 引起强度和疲劳问题对冰速敏感与结构变性密切相关, 柔性结构更易发生自激振动桩腿直径越小越易发生自激振动, 冰越厚也越易发生。

## 8 Optics and Acoustics in Ocean

### 8.1 Optics

1. 光在海水中的传播特性:

(a) 反射和折射: 太阳高度增大时, 反射光的能量减小, 而折射光的能量增大。

(b) 吸收和散射: 吸收系数高, 光能损失快; 可见光中, 海水对蓝光和绿光的吸收最少, 对红光的吸收最多; 海水愈清洁, 吸收系数越小。

大洋水中悬浮量少, 粒径小, 波长较短的蓝光散射能量大, 海水颜色呈蓝色; 近岸海水悬浮物多, 粒径大, 黄光散射能量增大, 水色多呈黄色、浅蓝等

(c) 光的衰减: 长波部分消失较快, 短波部分消失较慢。透光层 euphotic zone, 弱光层 disphotic zone, 无光层 aphotic zone。

2. 透明度 m: 实用中一般以直径 30cm 的白色透明度盘铅直放入水中的最大可见深度来表示

3. 水色反映海水固有的光学性质。海水及其中悬浮物质及浮游生物等对折射进入水中的太阳光的向上的散射光谱, 水色观测用水色标准液进行, 根据水色计目测确定。PS 海色是海面反射、散射及海水散射等多种光谱组成的颜色。水色  $\neq$  海色。

水色高透明度大, 二者的观测对保证交通运输安全, 海上作战及水产养殖生产等有重要作用。

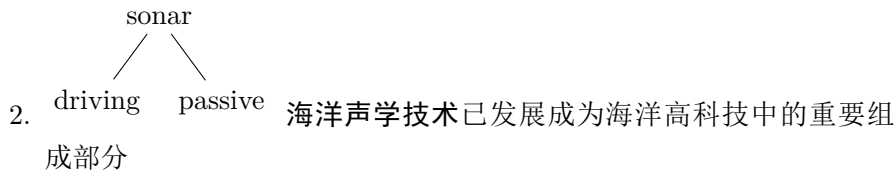
4. 中国近海水色和透明度的分布变化: 近海大陆架浅水区域, 入海河流多, 浮游物质和悬浮物质含量大, 水色低, 透明度小。自北向南, 自近岸到外海, 透明度逐渐增大, 水色逐渐变高。

## 8.2 Acoustics

声波是纵波, 是海洋中可进行远距离传播的唯一能量辐射形式。

海水, 海面 and 海底构成一个复杂的声传播空间, 存在信号的减弱, 延迟和失真。

1. 声能损失的原因



3. 海洋中的声速 1450-1540m/s, 随温度、盐度、深度的增加而增加
4. 声波传播符合折射, 反射定律. 正梯度-> 向海面弯曲, 波导传播, 冬季浅海 or 2000m 以下的水层 (静压力), 不存在海底吸收和反射, 所以冬天传得远; 负梯度-> 向海底弯曲, 反波导型传播, 夏季浅海, 海底吸收和散射。
5. 垂直声速剖面 and 声速梯度随深度的分布. 海洋中因某种特定垂直声速剖面的存在, 形成能将声能量限制在某一深度范围内而很少向外泄露并使声波传播距离增大的水层, 成为声道. 水下声道现象: 声速极小值所在的深度为声道轴, 声波在其可传播很远, 各大洋区都存在。

**表层声道:** 海水表层处声速剖面为正梯度时形成的声道轴位于海平面。

**深层声道:** 深海垂直声速剖面特性所形成的具有深度稳定的声道轴的水层。

# 9 海洋环境保护

## 9.1 海水的化学组成

海水是含有多种盐类的水溶液, 盐分主要来源于地壳岩石风化产物, 火山喷出物及河流输送的溶解盐. 水平, 垂直分布。

- 1) 主要溶解成分 5 种阳离子 + 5 种阴离子 + 硼酸分子, 保守元素

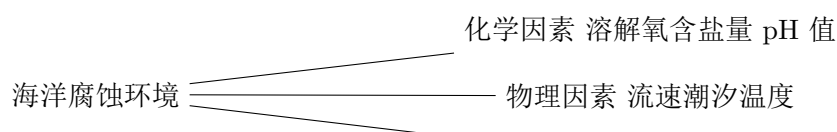


- 2) 微量元素 镉
- 3) 溶解气体-溶解氧, 二氧化碳
- 4) 营养元素是海洋植物生长必需的营养盐-生物制约元素
- 5) 有机物质主要来源于海洋生物的分泌、排泄、分解等产物及其衍生物, 大气和河流的陆源有机物质. 人造有机化合物的**危害**: 不能被细菌或简单的化学反应分解, 滞留时间长, 脂溶性, 难排除, 在食物链中被富集, 有高强度的毒性。
- 6) 化学资源: 盐, 镁溴铀钾, 从海水中综合提取各种物质的生产过程就是海水的综合利用

## 9.2 海洋金属腐蚀与防护

金属在环境介质作用下所引起的破坏或变质, 不可逆转. 化学, 电化学腐蚀.

1. 海水腐蚀特点: 海水是一种强电解质溶液, 有大量溶解氧, $Cl^-$  浓度高



2. 生物因素 代谢物及尸体分解物含有硫化氢等酸性成分破坏保护涂层

3. 海洋腐蚀环境区域划分

### 4. 海洋环境腐蚀类型

- (a) 均匀腐蚀
- (b) 点蚀
- (c) 缝隙腐蚀
- (d) 冲击腐蚀
- (e) 空泡腐蚀
- (f) 电偶腐蚀
- (g) 腐蚀疲劳

5. 金属防腐阴极保护, 防蚀涂料 (屏蔽, 防蚀)

### 9.3 海洋生物及其环境

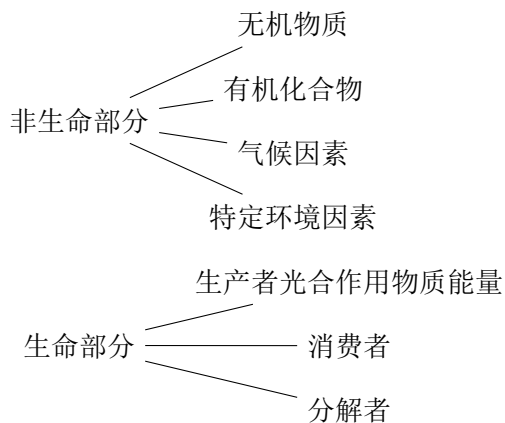
海洋污损生物: 在船舶及海上建筑物、海中仪器仪表上附着繁殖, 带来严重的生物污损问题的生物。危害:

1. 增加了船舶的重量和表面粗糙度, 增加了船舶的航行阻力, 消耗了更多燃料
2. 增加了海洋平台桩柱的直径大小, 桩柱结构流体动力系数在选用上要综合考虑海洋生物附着厚度的影响。
3. 堵塞船舶平台上的给排水管道等
4. 破坏船舶与海洋结构物的防腐涂层
5. 影响到海中仪器仪表功能的正常使用

### 9.4 海洋生态系统, 重要

生态系统: 一定的空间内生物成分和非生物成分通过物质循环和能量的流动互相作用, 互相依存, 互相调控而构成的一个生态学功能单位。

特征: 有自我调节能力但又限度, 能保持自身的生态平衡, 克服和消除外来干扰。



### 9.5 海洋环境问题, 重要

1. 海洋环境污染: 污染物质进入海洋, 超过海洋的自净能力。

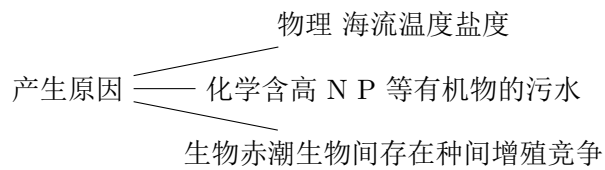
Definition-1982 联合国海洋法公约: 人类直接或间接把物质或能量引入海洋环境, 其中包括河口港湾, 以致造成或可能造成损害生物资源和海洋生物, 危害人类健康, 妨碍捕鱼和海洋的其他正当用途在内的各种海洋活动, 损害海水使用质量和伤及环境美观等有害影响

污染来源: 航运业, 海水养殖业, 工业废弃物, 农业化肥和农药, 城市生活污水.

赤潮: 水体中某些微小的浮游藻类, 原生动物或细菌, 在一定的环境条件下突发性地增殖和聚集而引起一定范围内一段时间中水体变色的一种有害的生态现象.

颜色: 红黄绿褐

严重破坏生态平衡, 损害海洋生态系统结构与功能.



2. 海洋环境质量评价: 根据不同的目的、要求和环境质量标准, 按一定评价原则和方法对海洋环境要素的质量进行评价和预测, 是对海域环境规划, 管理, 及污染防治的科学依据.

现状评价和影响评价: 影响评价: : 陆源污染物入海后对海洋环境产生的危害程度; 海上工程设施和海事活动给海洋环境带来的影响; 海洋资源开发过程给海洋环境带来的影响等

源头防止环境污染和生态破坏

环境影响评价: 对建设项目和规划实施后可能对环境产生的影响进行分析, 预测和评估, 提出预防或者减轻不良影响的对策和措施, 进行跟踪监测的方法和制度。

3. “振兴海业, 繁荣经济”、“开发海洋”、“开发蓝色国土”、“依法保护和合理开发海洋资源”

## 10 testpaper

名词解释 3\*3: 1. 跃层: 水温要素在铅直方向上出现跃变的水层, 分为大洋主温跃层, 季节性温跃层 2. 波 (波向线, 波群) 3. 涨涨潮: 一个潮汐周期内潮位上升的过程

填空 14: 1. 中国近海

1. 海洋综合调查与评价项目.
2. 温, 盐, 密度的特征.
3. 波浪.
4. 潮汐与潮流.
5. 环流.
6. 水色和透明度的分布变化

2. 我国将海域冰 1. 渤黄东南 2. 根据我国海区的结冰特点, 我国依据冰区范围和海冰厚度将海域冰情划分为五个等级 1. 轻冰年 2. 偏轻年 3. 常年 4. 偏重年 5. 重冰年

3. 海洋腐蚀环境及区域划分

选择 (单/双) 4\*2: 1. a. 沿逆时针 b. 沿顺时针 c. 都可梯度风, 对应气旋效应显著的风场. 背风而立, 高压在右, 低压在左. 绕高压中心作顺时针方向运动, 绕低压中心作逆时针方向运动。

2.a. 增大 b. 缩小 c. 增强 d. 减弱

抗压强度随加载率先增大再减小抗弯刚度为随温度降低而增强, 随盐水体积的增大而减弱弹性模量随温度降低而增大, 随盐水体积增大而减小

3.a. 日最大风速 b. 月最大风速 c. 年最大风速最大风速样本的取法影响着平均风速的数值, 宜取年最大风速作为样本进行长期预测。

判断, 给理由, 3\*3: 1. 低. 对吗? why 2. 3. 风. 对吗. why

简答 3\*5: 1. 某处有何特点 2. 波? 简述 (波向线, 波群, 波浪破碎类型) 3. 对于? why

计算 2\*15: 1. 某平台 2. 计算水深

论述 15: 你认为. 有何建议

2018.1.10 部分考题

1. 填空:

(a) 全球平均盐度

(b) 南半球潮流对海岸的侵蚀

(c) 根据我国海区的结冰特点, 我国依据冰区范围和海冰厚度将海域冰情划分为五个等级 1. 轻冰年 2. 偏轻年 3. 常年 4. 偏重年 5. 重冰年

2. 判断

(a) 黑潮影响我国海域.

3. 简答

(a) 秘鲁上升流成因及影响

4. 计算

(a) 深水波计算

(b) 风速换算及阻力计算

5. 论述: 对船舶污染的认识和建议