

华东工学院图书馆 29C069

基本篇藏 学校交流讲义

工程水文学

海洋水文部分

华东水利学院海洋水文教研组等编

只限学校内部使用



中国工业出版社

27)

本书是根据水道及港口水利工程水文学海洋水文部分教学大纲编写的。

本书包括绪言、海洋的基本知识、风浪、潮汐、海流、海岸泥沙和海洋水文观测等七部分。书中以分析浅海地区的水文现象为主，适当地引入某些深海地区的水文知识。

本书可做为水道及港口水利工程水文学海洋水文部分的教材。

本书由华东水利学院海洋水文教研组和天津大学水力学及水文学教研室部分教师共同编写而成。

工程水文学

(海洋水文部分)

华东水利学院海洋水文教研组等编

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑 (北京阜外月坛南街)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营

*

开本787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印张35 $\frac{1}{8}$ ·字数79,000

1961年12月北京第一版·1961年12月北京第一次印刷

印数0001—1,130·定价(10-6)0.45元

*

统一书号: 15165·905(水申-135)

华东工学院图书馆 29C069

基本篇藏 学校交流讲义

工程水文学

海洋水文部分

华东水利学院海洋水文教研组等编

只限学校内部使用



中国工业出版社

27)

目 录

緒 言	5
第一章 海洋的基本知識	17
§1-1 水陆分布与海洋深度	7
§1-2 海岸形态	10
§1-3 海水的成分和含盐度	12
§1-4 海水的比重、密度和比容	14
§1-5 海洋的热力性质	16
§1-6 海水的其他物理性质	19
第二章 风浪	23
§2-1 波浪概述	23
§2-2 风浪的生成、发展和衰减	25
§2-3 风浪接近海岸时的变化	28
§2-4 风浪要素推算	33
第三章 潮汐	52
§3-1 海面升降	52
§3-2 天文知識	53
§3-3 潮汐現象	56
§3-4 潮汐成因	58
§3-5 潮汐理論	64
§3-6 潮汐不等現象的說明	67
§3-7 調和分析概述	68
§3-8 潮汐預報	70
§3-9 平均海面、平均半潮面和海图深度基准面	72
§3-10 我国沿海的潮汐情况	73
第四章 海流	75
§4-1 海流的成因及其分类	75

§4-2 吹流的性质.....	77
§4-3 潮流.....	81
§4-4 海流和潮流的分离.....	82
§4-5 我国的海流.....	85
第五章 海岸泥沙	86
§5-1 概述.....	86
§5-2 海岸泥沙的分类与性质.....	88
§5-3 泥沙的横向运动及平衡剖面.....	89
§5-4 泥沙的纵向运动.....	94
§5-5 泥流.....	98
第六章 海洋水文观测	103
§6-1 概述.....	103
§6-2 波浪观测.....	106
§6-3 海流观测.....	111

緒 言

海洋水文学是研究海洋现象及其变化规律的科学。海洋现象包括海中所发生的物理现象、化学现象、生物现象和地质过程。因而海洋学相应地分为海洋物理学、海洋化学、海洋生物学和海洋地质学。为了结合本专业的实际需要，本书着重叙述沿岸地带的海洋物理现象。

海中所发生的各种现象，除了它们自己之间存在着一定的联系外，还受大气圈及岩石圈的影响。例如，风将产生风浪和海流；波浪和潮汐将受海岸形状的影响而变形。另一方面，海中所发生的各种现象也能影响大气圈和岩石圈。例如，海流将影响到大陆的气候；海岸在海中各种现象的作用下将不断地变化着和发展着。

这些情况充分表明：我们不能把自然界看作彼此隔离，彼此孤立，彼此不相互依赖的各个对象或各个现象的偶然堆积，而是把它看作有内在联系的统一整体。其中各个对象或各个现象是相互联系、相互依赖、相互制约着的，这是辩证法的基本特征之一。这一特征在海洋水文学中表现较为明显。

因此我们必须用海洋现象彼此相互关联，相互作用的观点来研究海洋水文学；必须研究和揭露这些相互制约、相互联系的现象之间的内在联系；还必须把大洋、大气和岩石圈当作一个整体来考虑。只有如此，才能正确地阐述海洋的规律性。

此外，研究海洋水文学和研究任何其他科学一样，必须占有事实和资料，搜集资料的手段是海洋水文测验。由于海

洋的广闊和海洋現象的不断变化，所以在海洋水文測驗中就必須注意观测海洋水文要素随時間的变化和在空間上的分布。而且，观测时段越长、范围越广，取得的海洋水文資料就越有價值。

海港是为海上运输、船舶服务的各种工程建筑物和设备的綜合体。作为本专业的学生，就是研究如何根据海水运动的自然法则和其他海洋現象，布置规划海港并設計建筑各項水工建筑物，以达到經濟和安全的目的。对于大部份海上水工建筑物來說，影响最大的海洋因素之一，就是波浪。它使建筑物受到巨大的压力和破坏作用，同时还可能促成港內的淤积。此外，潮汐引起海中的水位变化，这就影响到海上水工建筑物設計标高的确定。又如海流、泥沙的运行等等也关系到海港的布置规划。

应用到海上水工建筑物的施工方法和施工机械也具有許多特点。海上建筑大都在水下工作，因此在施工計劃中必須考虑各个月份海洋水文情况。

由此可见，海港工程与海洋水文是密切相关的。要做到港工建筑物的正确設計、快速施工、合理运用的要求，必須掌握海洋水文的变化規律。这就是本专业学生学习本門課程的目的和意义。

第一章 海洋的基本知識

§1-1 水陆分布与海洋深度

地球表面大部份被水所复盖。在地球总面积 5.1 亿平方公里中，海洋占 3.61 亿平方公里，陆地只占 1.49 亿平方公里，即前者占 70.8%，后者占 29.2%。

陆地较集中于北半球，占半球面积的 39%，而在南半球上，陆地仅占半球面积的 19%。如将地球划分为如图 1-1 所示的水陆两个半球，则海洋和陆地分布的不均匀性更为明显：在“水半球”上海洋面积占 91%，陆地面积仅占 9%；在“陆半球”上陆地面积占 47%，海洋面积占 53%。可见，即使在陆半球上，海洋面积还是占較大的比例。

图 1-2 为水陆随纬度分布的情况。从图中可以看到：北緯 84° 以北地区为連續的水区；而在北緯 60°~70° 之間，陆地約占 71%，海洋仅占 29%，再往南，陆地漸漸减少，至南緯 56° 处陆地完全沒有了。但从南緯 63° 起，陆地又逐漸增加，并在南緯地带地球表面全被陆地所占有。

地球上的海洋是相互联系着的，形成連續的水域。这个連續的水域被称为世界大洋。陆地把世界大洋切分成若干大洋和与大洋相連接的海。大洋共有四个，即太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。与大洋相連接的海，可以区分为內海和边缘海。前者伸入大陆，只有狹窄的海峡和与大洋相連，如地中海；后者则沿大陆边缘，被島屿或半島与大洋相隔，如我国的东海、南海。

海洋深度或海底地形是海洋的基本特征之一。从深度上

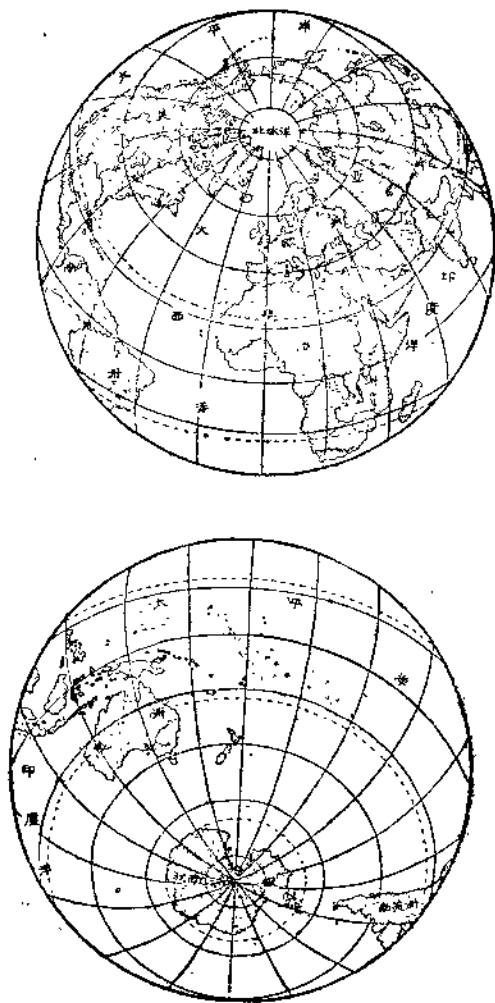


图 1—1 陆半球与水半球

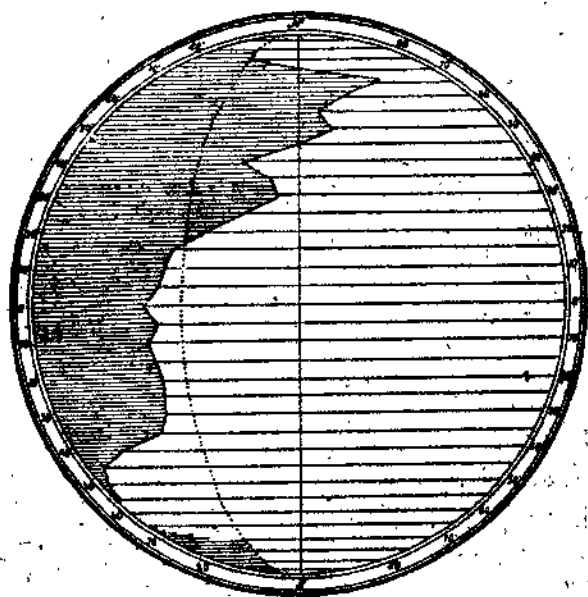


图 1—2 水陆随纬度的分布

來說，海洋可分为：(1) 沿岸地带，是和陆地接連的部分。这一地带的地形是在波浪和潮流的作用下形成的。(2) 大陆浅滩，是沿岸地带以外至水深200米的浅海部分。(3) 大陆陡坡，自大陆浅滩以外到水深为2500米的地带，海底坡度较大。(4) 大洋盆地，深度在2500~6000米之間，面积最大，是海洋的主要部分。(5) 海沟，深度在6000米以上，它主要分布在大洋的边缘。

对港口活动來說，最出切的地区乃是沿岸地带。此带的范围視潮差和地形而定。在潮差大，底部坡度小时，范围就

大；反之则小。该带又可分为下列几区（图 1-3）：（1）海岸，是水与陆的交界区、海边建筑物的最前缘，波浪潮汐均不能到达此区；（2）后海滩，位于海岸前缘，一般地说海水不能到达此区，但在大风浪时，浪花仍能打到；（3）前海滩，是潮汐波浪活动的地区，亦称潮区；（4）外海滩，是经常浸没在海水中的地区。

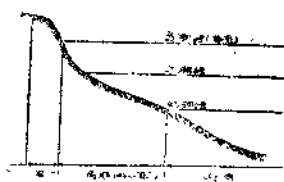


图 1-3 沿岸地带分区图

§1-2 海岸形态

海岸形态是动力因素——潮汐、波浪、海流等作用的表征。海岸形态也对动力因素发生反作用。

一般的天然海岸，在平面上的形状是不规则的。它是一条由许多直线段、凸出段和凹进段连接起来的曲折不平的线。海岸的主要形状如图 1-4 所示。在图 1-4(a) 中，海岸所形成的海湾具有天然的屏障，既能防御风浪的侵袭，又与海洋相通，是建造优良港口的天然海湾。图 1-4(b) 是典型的泻湖型海岸，这种海岸的海湾，通常是以长的砂坝

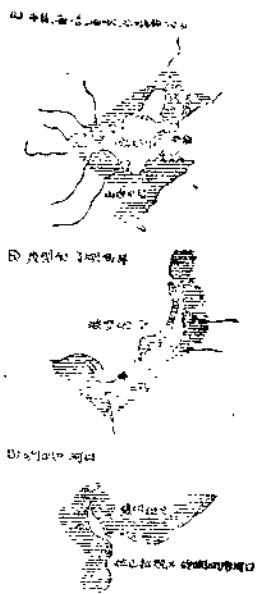


图 1-4 海岸的主要形状

来防护波浪的冲击，因而也是建港的好地方。图1-4(B)表示喇叭形的海湾，这种海湾往往被隆起的浅滩所阻塞，为了保证船舶通航，必须疏浚。

从海岸地形或断面来看，海岸可分为陡直海岸和平缓海岸。陡直海岸主要是由基岩组成的，它们经常受着海水的破坏活动，因而也可称为侵蚀海岸。平缓海岸通常是由疏松的、未固结的沉积物组成的，海水把别处搬运来的物质沉积在这里，因而这种海岸亦可称为冲积海岸。

海岸的性质在很大程度上决定于毗邻的大陆地形。低地的边缘通常是平缓的海岸。反之，高地的边缘通常是陡直的海岸。但也有例外的情况。

我国的海岸从辽宁省东北端（与朝鲜交界处）到广东省西南端（与越南交界处），整个说来是一个长达约11000公里的弧形海岸。渤海湾以北，海岸线长约2000公里，除老铁山到盖平一段，小凌河至北戴河一段以及虎头崖至登州角一段外，其余都是砂质的平缓海岸。这里的海底很平坦，是典型的大陆浅滩。渤海湾以南到长江口为止的黄海海岸，除连云港到长江口北岸一段外，多半是岩质的陡岸。由长江口北岸到镇海角的东海海岸，长约3700公里，其中长江口到杭州湾之间的一段是砂质海岸，其余都是岩石的陡岸，并且有悬崖。不过，闽江口附近则是例外，那里的海岸是由河流的泥沙堆积而成的。从镇海角到北仑河河口间的海岸，长约2900公里，除珠江口、韩江口、雷州半岛附近及钦州湾的一部分海岸外，都是岩石岸。

沿着我国海岸大约散布着3300多个岛屿，其中90%以上是在岩石岸附近。我国最大岛屿——台湾的海岸线长1600公里（包括附近小岛），东部海岸是岩石的，西部则主要是坡

度較緩的砂岸。我国第二个大島海南島，主要是砂質海岸，不过島的南端有一段岩石海岸。

现代我国大陆地质生成情况研究的結果，一致認為在最近几个地質世紀的时期內，沿海地段大体上先是急剧地下降，然后再逐漸上升。可以找到很多証实这个理論正确性的証据。譬如，在福建省沿海有許多高出現代海平面5~10米的半島和海角，这些显然是海面退后而生成的；在广州和汕头市区的沿岸有許多海退阶地。根据多年大地測量的观察来判断，在辽河口附近的鴨島砂滩是逐漸上升的。

§1-3 海水的成分和含盐度

海水与河水、湖水不同，其味咸而帶苦，故曰咸水。究其原因，乃是海水含有为量較多的各种固体矿物盐类之故。一千克海水所含矿物质的总克数称为含盐度。海水的許多物理性質常随含盐度而異，因此海水含盐度的測定乃是海洋学上的一个重要任务。

戴特馬分析了从世界大洋各处收集来的77个水样后，得出海水的化学組成大致如1-1表。

表 1-1

組 成 的 成 分		1000克海水中的克数	百 分 比	
氯化鈉	NaCl	27.2	77.8	氯化物
氯化鎂	MgCl	3.8	10.9	
硫酸鎂	MgSO ₄	1.7	4.7	硫酸盐
硫酸鈣	CaSO ₄	1.2	3.6	
硫酸鉀	K ₂ SO ₄	0.9	2.5	
碳酸鈣	CaCO ₃	0.1	0.3	
碳酸鎂及其他	MgBr ₂	0.1	0.2	
总 計		35.0	100%	

由表1-1可知，氯化物的含量最高，硫酸盐次之。另外，如将海水加热分解，就变成带有正电的阳离子和带有负电的阴离子。其主要的离子含量如表1-2所示。

表 1-2

离 子	含盐度为35‰时，一千克海水中的含量	%
Na ⁺	10.670	30.67
K ⁺	0.388	1.10
Mg ⁺⁺	1.289	3.64
Ca ⁺⁺	0.425	1.20
Cl ⁻	19.378	55.04
Br ⁻	0.067	0.19
SO ₄ ⁻	2.704	2.68
CO ₃ ⁻	0.166	0.48
总 计	35.000	100%

应该特别指出，尽管一千克海水中所含盐类的克数（即含盐度）各地有所不同，但是各个离子含量的百分比（即上表最后一项）经多次分析却是固定不变的。因此，如果知道了海水中某一离子（例如氯离子）的含量后，就可以决定海水的含盐度。

通常多将水样用硝酸银来滴定，求出氯离子的含量，然后利用海洋常用表查求含盐度。

据现有资料得知，大洋海水的含盐度变化范围较小（31~38‰），沿岸地带海水的含盐度变动较大。

海水中除了含有上述主要成分之外，尚含有其他许多物质，例如金、银等，但它们的含量极少，在一吨海水中也不过千分之几克。这些元素总起来称为海水的微量成分。

海水除含矿物盐类以外，还含有溶解的气体，主要是

氮、氧和二氧化碳、氮和氧的比例在空气中为 4:1，而在海水中则为 2:1。水中所含气体随温度和含盐度的增加而减少。海水所含二氧化碳对混凝土有侵蚀作用。如果水的酸性指数 $\text{pH} < 7$ （即水是酸性的），则侵蚀作用特别厉害。 $\text{pH} < 7$ 的情况可在海水被淡水冲淡的海中遇到。

除了无孔虫类之外，海水中还存在大量的植物与动物的有机体，其中有許多也同样对于建筑材料发生有害的作用。危及最严重的主要是木料（蚀木虫），或石料（蚀石虫）。蚀木虫活动的地区主要是在温暖的海水中，我国沿海就在这些地区之列。在我国沿海的某些地区可看到蚀石虫的活动，有时蚀石虫可以很明显地影响到海水中的石灰石的持久性。

生长在建筑物水下部分表面上的水草、海蛭以及其他的有机物，也可以影响到海水中材料的持久。

关于增加遭受到海水化学与生物侵蚀作用的海上建筑物的耐久性问题，在建筑材料课中将专门加以研究，故此处不再赘述。

§1-4 海水的比重、密度和比容

从物理学得知，海水的比重是指海水的重量（或质量）与同体积蒸馏水在 4°C 时的重量（或质量）之比，而海水的密度则是单位体积海水所含质量的克数。在克-厘米-秒制中，物质的密度和比重在数值上是相等的。

在实际计算中往往运用比容的概念。比容就是密度的倒数，它表示单位质量物体所占的体积。

海水的密度是温度 (t)、含盐度 (S) 和压力的函数。最小的海水密度约等于 0.99567 ($S = 0\%$, $t = 30^\circ\text{C}$)，最大的海水密度约等于 1.03227 ($S = 4\%$, $t = -2^\circ\text{C}$)。

为了简化书写和计算起见，海洋学中常常采用条件密度的概念，即

$$\sigma_t = \left(S \frac{t}{4} - 1 \right) 1000,$$

式中 $S \frac{t}{4}$ ——海水密度；

σ_t ——条件密度。

因此，可用23.74代替1.02374。

同样，有条件比容的概念，即

$$V_t = \left(\alpha \frac{t}{4} - 0.9 \right) 1000,$$

式中 $\alpha \frac{t}{4}$ ——海水比容；

V_t ——条件比容。

因此，可用76.81代替0.97681。

密度与温度及含盐度之间的关系是很复杂的，在实验中密度都是利用温度及含盐度的值在特制的图表上求得的。

海水的密度是随含盐度的增加而增加，其间有如下的关系：

$$\Delta \rho = 0.0008 \Delta S,$$

式中 $\Delta \rho$ ——密度的增量；

ΔS ——含盐度的增量。

海水的密度同时也随温度的增高而减小，但其间的关系不象密度与含盐度之间的关系那样简单。例如，在海水温度为5°C时，温度变化1°C，对海水密度的影响与含盐度变化0.1%对密度的影响相同；而在温度很高时，温度变化对密度的影响则增大。例如在海水温度为20°C时，温度变化1°C