



海洋湖沼科学理论丛书



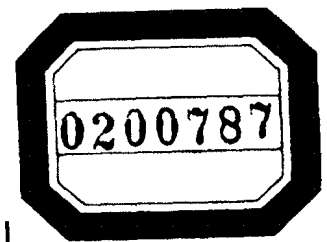
潮汐学

陈宗镛 编著

87

科学出版社

水电部科技情报所	
图书总号	中 7850
分类号	



水利部科技情报所	
图书总号	中 00206
分类号	P731.23

海洋湖沼科学理论丛书

潮 汐 学



006348 水利部信息所

陈宗鏞 编著

科学出版社

1980

内 容 简 介

本书主要论述海洋潮汐现象、成因和基本规律；海洋潮波的传播和变化；潮汐分析的原理和方法；潮汐推算；海平面、基准面、工程潮位等方面的有关内容。可作为海洋水文、海洋气象、海洋工程、航海、海道测量以及地理等有关专业的教学参考书，以及海洋水文气象台、站和海洋科学工作者自学用书，也可供从事地球物理研究工作的同志们参考。

本书阐述的基本原理，对于地潮和大气潮汐现象的分析研究同样适用。

2-2521

海洋潮汐科学理论丛书

潮 汐 学

陈宗镛 编著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980年2月第一版 开本：787×1092 1/16

1980年2月第一次印刷 印张：19 1/2

印数：0001—2,650 字数：446,000

统一书号：13031·1191

本社书号：1661·13—17

定价：3.00 元

九
六
九

《海洋湖沼科学理论丛书》

出版前言

海洋学和湖沼学是研究水体环境的两门姐妹学科,其主要内容包括海洋、湖泊、河川和沼泽等水体的物理、化学性质及其运动规律,水体与大气的相互作用,基底的形态构造特点、沉积物的性质(成分)及其变化规律,水体中(水层及水底)各种生命现象及其与环境因子的相互关系,各种自然资源的分布、蕴藏、再生及其开发利用,水体自然环境保护……等等。海洋学与湖沼学的研究内容基本相同,只是研究对象有所区别。前者研究世界大洋及其边缘海,而后者研究内陆水体。因此,近年来关于如何利用湖泊来进行海洋科学模拟实验等问题,受到了广泛的重视。瑞士的日内瓦湖目前已成为国际海洋水文动力模拟实验的场所就是一个明显的例子。

海洋学和湖沼学对人类的实践有巨大的意义。近二十年来,海洋学由于同国防建设和经济建设的关系日益密切而受到临海国家的极大重视。特别是近十年来,随着世界范围的能源和食物来源的探索 and 开发利用等方面的迫切需要以及有关海洋权益等国际政治、经济问题的日益尖锐化,海洋这个无比富饶的资源宝库和巨大水体引起了人们的更大关注。目前,世界上的许多临海国家,竞相投入大量的人力物力,采取各种有效措施,大举向海洋进军,从而使得海洋学研究有了全面而迅速的发展。同样地,湖沼学的研究也由于它在工农业生产、城市规划、工业布局、交通运输、土地利用、环境保护等方面的重要性日益显著,在规模和发展速度上近年来也有了显著的扩大和提高,并取得了一些重要成果。

我国的海洋和湖沼科学,原有基础比较薄弱,只是在全国解放后,由于党和国家的重视,才得到迅速的发展。新中国建立二十多年来,我国广泛地开展了全国规模的海洋调查和内陆湖泊、河川、沼泽的调查研究,积累了系统的资料,从而对我国近海和内陆水体的基本状况及特点有了比较全面的认识。无论在海洋和淡水生物资源开发利用与增殖、养殖研究方面,或者在海流、潮汐、波浪等海水运动规律研究方面,都取得了比较显著的进展;与此同时,也逐步培养了一支有丰富实践经验和一定理论水平的科技队伍。但是,我国目前的海洋科学和湖沼科学研究,无论在理论水平和技术力量方面,远远不能适应四个现代化建设的需要,和世界先进水平相比,还有较大的差距。

为了促进我国海洋和湖沼科学研究的迅速发展,加快科技人员的培养和提高,进一步适应我国国民经济迅速发展的新形势和四个现代化建设的迫切需要,中国海洋湖沼学会和科学出版社决定组织全国海洋与湖沼科学方面的力量,编写出版一套《海洋湖沼科学理论丛书》。这套丛书的选题,包括海洋学、湖沼学,海洋水文、气象、物理、化学、地质和地球物理以及海洋生物学等各分支学科和研究领域;而在内容方面,则本着“侧重基础,侧重提高”的要求,主要介绍各分支学科和研究领域的基础理论,反映最新研究成果和发展前景,以使读者获得较全面的基础理论知识及其应用途径,并在学科发展方向上受到启发。因此,这套《丛书》在很大程度上具有专业参考书的性质,它既不同于大专院校有关专业的教

科书,也区别于专题论著,其主要读者对象是有一定专业基础的科研人员、研究生、高等院校有关专业的教师和高年级学生以及有关生产部门的科技人员。

由于本《丛书》的内容比较广泛,涉及的分支学科和研究领域较多,具体选题将根据我国海洋科学和湖沼科学各分支学科发展的需要和当前科学研究工作的实际情况逐步确定,并陆续出版。

在我国,编辑出版这样一套专业性较强的基础理论丛书,还是初次尝试。缺点和错误在所难免,我们衷心希望读者提出宝贵意见,特别是有关选题和内容方面的建议,共同为编写好这套《丛书》而努力。

《海洋湖沼科学理论丛书》编委会

1979 年

《海洋湖沼科学理论丛书》编委会

主 编

曾 呈 奎

副 主 编

赫崇本 何恩典 刘健康 施成熙 张立政

委 员

毛汉礼	文圣常	方宗熙	叶治静	朱元鼎	刘瑞玉
纪明侯	李法西	严钦尚	陈吉余	陈清潮	季中淳
赵焕庭	姚明达	秦蕴珊	柴 岫	倪达书	黄 胜
景振华	管秉贤	黎尚豪	濮培民		

前 言

海洋潮汐是指海水有规律地涨落现象。涨落高度之差一般为几米,多数海区的涨落周期约为半天,少数海区接近一天。不仅海洋里有潮汐,大气圈和岩石圈同样地也有潮汐现象。大气潮汐的振幅大约1毫巴,固体地球潮汐涨落则只有几十厘米。但是气潮和地潮都不如海洋潮汐那样显著。

海洋潮汐外海潮小,近岸潮大。特别是某些大河口和海湾,比如我国的杭州湾,经常出现壮观的涌潮现象。下面是一首描述钱塘潮的诗:

怒潮滚滚若惊雷,白浪横空溅沫飞;

前潮后浪紧相随,翻江倒海山为摧。

生动地形容了钱塘江口外涌潮的景象,也谈到其危害性。海潮,由于它与沿海人民生活和生产的关系十分密切,很早便引起人们的重视。堪与万里长城相媲美的我国沿海海塘工程,兴建甚早。据海州志引《太平寰宇记》中的记载,隋开皇九年(公元589年)东海县便建成南北长六十三里,宽和高各五尺的海塘。海塘也叫海堤或海堰,人们修筑海塘,阻遏潮浪,以便围海造田。沿海许多河口还设置挡潮闸,便于排涝和灌溉。此外,船只航行和进出港以及海洋捕捞、养殖等方面也须注意潮水涨落,才能达到预期的目的。人们正是通过多次的实践、认识,再实践、再认识,由片面到比较全面地掌握了潮汐现象的规律性。

本书对潮汐现象的基本规律作了系统的阐述,共分十章。第一章绪论,为一般现象和有关历史知识介绍;第二章至第五章讲述潮汐学的基础理论知识;第六、七章是潮汐分析和推算原理;第八、九章侧重于具体问题的应用;第十章介绍近代潮汐学发展中的若干问题。

本书承赫崇本教授审阅,中国科学院海洋研究所方国洪、国家海洋局海洋科技情报所王骥、交通部第一航务工程局设计研究院陈建贤和本系余宙文、冯士祚、黄祖珂、叶安乐同志,以及徐瑜同志都提出过许多宝贵的修改意见。本书绘图工作是由刘宗枚、张增辉同志完成的。作者对他们表示衷心的感谢!限于作者水平,书中缺点和错误请读者批评指正。

1978年5月于青岛

符 号 说 明

潮汐学是一门与天文学、地球物理学和流体力学密切相关的综合性学科。本书引用的符号甚多,许多符号在不同的章节有不同的含义。比如, g 一般表示重力,但在潮汐分析及推算中却代表专用迟角; f 在动力学中代表地转参量(柯氏参量),但在潮汐分析及推算中却代表交点因子。象这些符号,在潮汐文献中大多是约定俗成。这里所要说明的是,一些符号全书采用,另一些符号在不同的章节代表不同的意义,还有一些符号是临时引用的,以上、下文的说明为准。

t, T	平太阳时、平太阳时角。
τ, T_1	平太阴时、平太阴时角。前者大写在潮波动力学中还代表分潮的周期,在潮波数值计算上又表示时间步长。
h, h'	平太阳的黄经、真太阳的黄经;前者在潮波运动中还表示深度。
s, s'	平太阴的黄经、月球的真黄经;前者还表示太阳的质量。
Q	在天球图中代表月球的升交点,一般表示引潮势。
r, r'	春分点、辅助春分点。
μ_0	万有引力常数。
E	地球的质量,也代表地心所在位置;在潮波运动中代表能量;有时也表示东(方位)。
M	月球的质量,也代表月球中心所在位置。
$D, \bar{D}$	地球和月球中心距离、地球和月球中心平均距离。
$D_1, \bar{D}_1$	地球和太阳中心距离、地球和太阳中心平均距离。
r	地球中心到地球任意点的距离。
a	地球中心到地球表面任意点的距离。
θ, θ_1	地球中心对月球、太阳的天顶距。
L, L_1	地球表面任意点到月球中心和太阳中心的距离。
$F_V, F_H; F'_V, F'_H$	月球、太阳引潮力的铅直分量和水平分量。
δ, δ_1	月球、太阳的赤纬。
φ	地点的地理纬度。
ω	地球自转角速率,它等于 $\frac{2\pi}{86164} = 7.29 \times 10^{-5} \text{ 秒}^{-1}$;也代表黄、赤交角。
e, e_1	月球、地球轨道偏心率。
p, p'	近地点、近日点的平均黄经。前者在潮波运动中,取作压强。
ν, ξ	春分点和辅助春分点到赤、白交点的距离。前者在潮汐分析中取作频率、后者在潮波运动中又取作水质点离开平衡位置的距离。
λ	波长,有时也代表经度。
$c = \sqrt{gh}$	潮波传播速度, c 有时也用作待定常数。

- $\zeta, \bar{\zeta}$ 从海平面算起的分潮和平衡潮的高度。
- σ 分潮的角速率、圆频率或角频率。
- N, N' 月球升交点的黄经, $N' = -N$; 前者有时也代表北(方位)。
- i, I 黄、白交角和赤、白交角。
- ρ, ρ_l 海水平均密度、地球的平均密度。前者在动力学方程中,常取为 1。

目 录

前言	vi
符号说明	vii
第一章 绪论	1
§ 1.1 潮汐观测和潮汐现象	1
§ 1.2 研究海洋潮汐的意义	5
§ 1.3 潮汐研究简史	7
§ 1.4 与潮汐有关的天体运动知识	9
第二章 引潮力与引潮势	14
§ 2.1 引潮力	14
§ 2.2 引潮力的计算	17
§ 2.3 水平引潮力的初步展开	22
§ 2.4 引潮力测量原理和仪器简介	24
§ 2.5 势函数	26
§ 2.6 引潮势	27
§ 2.7 引潮势的展开	28
第三章 分潮	36
§ 3.1 分潮的系数和交点因子	36
§ 3.2 分潮的幅角和周期	39
§ 3.3 用升交点黄经 N 表示 i, u	41
§ 3.4 K_1 分潮	43
§ 3.5 分潮的交、近点订正	44
§ 3.6 分潮的一种导出方法及其意义	45
§ 3.7 浅水分潮	47
§ 3.8 辐射分潮	48
第四章 潮汐理论	51
§ 4.1 潮汐静力学理论	51
§ 4.2 潮波运动基本方程	54
§ 4.3 无界水域的潮波	60
§ 4.4 有界水域的潮波	63
§ 4.5 海峡和半封闭海区的潮波	66
§ 4.6 浅海潮波	74
§ 4.7 潮波的能量	88
§ 4.8 自由潮波在一种变形海湾中的传播	90
§ 4.9 胁振潮	93
§ 4.10 Sverdrup 波和 Poincaré 波	96
第五章 潮波方程的数值解	101

§ 5.1	概述	101
§ 5.2	狭长水域的潮波数值计算	103
§ 5.3	二维海区的潮波数值计算	107
§ 5.4	Proudman 潮汐动力学定理及其应用	115
§ 5.5	大洋潮波的数值计算	117
§ 5.6	黄海潮波的一种数值计算	122
第六章	潮汐分析与推算原理	127
§ 6.1	潮汐调和分析的目的和原理	127
§ 6.2	达尔文分析方法	131
§ 6.3	Doodson 分析方法	135
§ 6.4	潮汐的最小二乘法分析	138
§ 6.5	潮汐富里哀分析	144
§ 6.6	潮汐谱分析若干基础知识	150
§ 6.7	线性组合与滤波算子	155
§ 6.8	潮汐响应分析(卷积法)	160
§ 6.9	正交化卷积法	165
§ 6.10	非调和频率分析	168
第七章	潮汐短期观测资料的分析	175
§ 7.1	准调和分潮的分析原理	175
§ 7.2	潮流观测资料的初步分析	177
§ 7.3	潮流调和常数的计算	184
§ 7.4	多次周日观测的分析	185
§ 7.5	良好天文日期的选择	189
§ 7.6	潮流资料整理和分析实例	191
§ 7.7	潮流椭圆要素的一种计算方法	193
§ 7.8	潮流推算	194
§ 7.9	潮流的一种谱分析方法	196
§ 7.10	计算调和常数的近似公式	198
第八章	海平面与基准面	200
§ 8.1	平均海面的计算方法	200
§ 8.2	平均海面变化的原因	204
§ 8.3	海图深度基准面概述	209
§ 8.4	海图深度基准面的 BPF 方法	214
第九章	潮汐现象的解释和若干应用问题	218
§ 9.1	潮汐类型	218
§ 9.2	非调和常数的计算	219
§ 9.3	潮位在海港工程中的应用	224
§ 9.4	增一减水现象	232
§ 9.5	潮汐发电概述	234
第十章	潮汐研究进展的若干问题	236
§ 10.1	地潮与大洋潮汐	236
§ 10.2	潮能消耗与 Q 值	244

§ 10.3 大洋的潮汐	245
§ 10.4 潮汐余流	249
§ 10.5 浅海潮波的形成和一种三维模型	254
§ 10.6 大气潮汐	257
附表 1. 有关天文数据和周期	260
附表 2. 天文分潮一览表	261
附表 3. 潮流调和常数计算表	274
附表 4. 按 BPF 法计算海图深度基准面	282
附表 5. 计算海港设计校核水位的 λ_{pn} 值表	297
参考文献	298

第一章 绪 论

潮汐学是研究海洋、大气和固体地球潮汐现象的一门科学。本书主要讨论海洋潮汐的基本任务是阐明其成因,掌握其分布和变化规律,并讲述预报原理和方法。本章先从潮汐观测和潮汐现象的基本概念谈起,然后讲述其应用和研究简史,最后介绍与潮汐现象有关的天体运动的知识。

§ 1.1 潮汐观测和潮汐现象

1. 潮位观测

认识潮汐现象应从潮汐观测入手,而观测资料正是我们认识和研究海洋潮汐的依据。因此先简单地介绍潮位观测概况,然后在观测资料的基础上,讲述潮汐现象的基本概念和有关名词。

我国历史悠久，曾经创造了光辉灿烂的古代文化。许多科学家在总结劳动人民丰富经验的基础上，亲自调查研究，并进行潮汐观测。东汉王充在他的《论衡》^[1]一书中，指出了潮汐和月亮的依赖关系。唐宝应和大历年间(公元762—779年)，窦叔蒙在《海涛志》一文中指出：“月与海相推，海与月相期”，“盈于朔望，……虚于上下弦”。此外，还讲到怎样预报潮时^[2]。很明显，他若不进行实际观测是不能作出预报的。北宋燕肃自己制造一种计时的仪器，曾用以“朝夕观望潮汐之候”^[2]。可见，他们都很重视观测工作。

关于验潮工具,以北宋熙宁八年(公元 1075 年)建成的福建莆田木兰陂为例,在陂的上、下设立许多“水则”,作为观测河、海水位高低的标尺。又,据《鄞县志》(鄞县现属浙江宁波地区)记载,公元 1253—1258 年间,在县西南桥下“立水则”,观测潮位直接为农田水利服务。图 1 是我国古代水则碑的图案。

[illegible]

图1 我国古代水则碑图案

上述“水则”相当于现代使用的水尺。由于潮汐周期长,需要连续观测,依靠人工读取水尺上的潮位高度相当费事,因此必须有自记仪器。目前潮位自记仪器一般有两种,一种是浮子式的验潮仪,另一种是水压式的验潮仪;后者又分浅海和深海两类。验潮要求精度可靠,而验潮站的地点也应事先认真选择,以便使观测资料具有代表性。

所谓资料具有代表性,就是说能代表某海港、某重要航道或近岸施工场所一般的潮汐规律。因此设站之前要深入现场调查,访问当地群众,了解历史上高(低)潮和附近水域深度的变动情况。以选择代表性好、风浪小、海岸坡度大,而且底质稳定的地方为宜。当然还得注意观测人员的工作和生活条件是否方便等。亦即在上述要求基本满足的情况下,应把站址选在居民点附近。

验潮资料必须注意精度,包括潮位的高度和时刻两个方面。对帆船来说,只要有高、低潮和水深资料,便满足要求;对现代化的船只,若在只有高潮才能进出港的地方,可以说是“分秒必争”,对潮高预报精度的要求也相应地提高了。至于港口或航道布雷或进行一次军事行动,则要求潮位和潮流资料尽可能地精确。海港建筑中的码头高度、航道水深和泊位深度的设计,上、下增大 20 厘米就要花费大量资金。另外,从计算平均海面 and 为地震预报提供资料来看,则要求精确度在 1 厘米以内。潮汐分析和预报本身也要求观测潮高准确到 1 厘米,潮时准确到 1 分钟,以便保证潮汐预报的质量。

最简便的验潮器具是水尺,海岸坡度平缓地带往往需要安装几根水尺,形成水尺组。

对于固定的而不是临时性的验潮站,往往在岸边或码头修建一验潮井,通过导管使井内水位与海中潮位保持同步升降,而导管的设计要注意消除表面波传入井内。由于验潮井内水位升降带动浮筒和仪器,从而记录潮位的变化。图 2 是验潮井示意图。

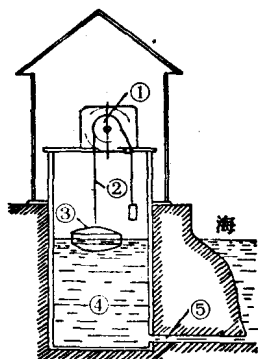


图 2 验潮井示意图

①记录装置, ②绳索, ③浮子, ④水井, ⑤导管

修建验潮井要花费大量的资金,而应用上往往需要进行临时性的验潮(如编制海图等),这时可用钢管代替验潮井,仍可用浮子式验潮仪,也可用压力式验潮仪。我国出产的携带式的水压验潮仪,由感应组件和记录组件构成。前者放在海底观测压力的变化,后者进行潮位记录。在压力传送过程中加入滤波装置,以消除表面波波压的干扰。

解放前,我国的海洋科学基本空白。解放后随着海洋科学的迅速发展,海洋仪器的研制也取得了进展。所有验潮站全部采用国产验潮仪,取得大量潮位资料,从而保证了潮位推算能较好地生产和国防服务。

在国外,日本是比较重视验潮的国家之一。他们改进上述两种验潮仪,比如使之能自动接收电台广播的对时信号,校正记录时间,提高记录精度。另有无线遥测验潮装置,它把验潮站的实测潮位用无线电波传送到遥远的收听站,进行自动记录。其原理是在验潮仪上安装一种模拟—数字信息变换器,将潮位变换成二进制三位数,把该数字变成符号,通过无线电波连续送到收听站。收听站又用数字—模拟信号变换器变换成模拟量,用笔记录模拟量,这就是遥测资料。其测量范围为 0—999 厘米,精度达 1 厘米。

欧美十多年来侧重研制公海验潮技术,取得了一定的进展。六十年代中期,美国在旧金山西面 160 公里,深 4000 米的海底,通过电缆,成功地取得潮位资料。到现在为止已有

多种公海验潮仪器,几乎可以在任何深海进行潮位观测。

关于潮流观测,凡是能测量海水水平流动的仪器,都可用来测量潮流。对于这类仪器,在这里不作介绍。

随着电子计算机的应用,对验潮仪器提出了新的要求,这就是如何把验潮资料直接和计算机的处理、分析联系起来。在这一方面,已有一些成果,它是验潮技术革新的方向之一。

目前已经可以从人造卫星测得海面相对于海底的潮位变化,也可测量海底本身的潮汐周期变化。这些资料的取得,将有助于促进潮汐学的研究和发展。

2. 潮汐现象

上边谈到的固定验潮站,它只是记录潮位的上升和下降;另外,还要有测流仪器才能观测潮流。潮汐现象包括潮位升降和潮流涨退两个内容。潮位与潮流既有区别又有联系,它是一种现象中的两个方面。其区别在于,前者表现为铅直方向的海面升降,而后者表现为水平方向的海水流动;其联系就海湾来说最为明显,涨潮流使潮位升高,而落潮流却使潮位降低。

潮汐现象实质上是一种长周期的波动现象。当波峰传来时便出现高潮,波谷传来时便出现低潮。而潮流是潮波内水质点的运动,运动轨迹是一个很扁的椭圆。对于前进波,高潮流速最大,低潮流速也最大,只是流向相反而已。对于驻波来说,高潮和低潮流速为零,半潮面(即潮位升、降的中间位置)流速最大。多数海区的潮波既不是单纯的前进波,也不是单纯的驻波,潮位与潮流的关系由于地形和摩擦的影响呈现复杂的变化,这些留待后面论述。

潮汐现象最显著的特点是有明显的规律性,其变化周期大约为半天或者一天;在一个周期当中,升降、涨落并不是均匀的,而是时快时慢。高潮过后,潮位缓慢下降,降到高、低潮中间时刻附近,下降得最快,然后又减慢,直到发生低潮为止。低潮前后有一段时间,潮位处于停滞状态,这时叫做“停潮”。停潮一般有几十分钟,它的中间时刻叫“低潮时”,停潮所具有的高度叫“低潮高”。低潮过后,潮位又缓慢上升,到半潮面附近,上升速度最快,而后又减慢,直到发生高潮为止。这时与低潮前后类似,潮位暂时处于相对平衡状态,潮位不升也不降,这一段时间称为“平潮”。平潮时间一般也有几十分钟,它的中间时刻叫做“高潮时”,平潮所达到的高度叫“高潮高”。接着又落潮,潮水就是这样日以继夜、往复不已。

从低潮时到高潮时这一段时间间隔叫“涨潮时”,二者的相对高度差叫“涨潮潮差”;从高潮时到低潮时这一段时间间隔叫“落潮时”,二者的相对高度差叫“落潮潮差”。涨、落潮潮差的平均值叫做一个潮汐周期的平均潮差。

图3是山东龙口潮位的日过程曲线。两次低潮的高度相差较小,而两次高潮的高度相差比较显著,这种现象叫做潮高日不等。如图3所示的潮高日不等为低潮日不等小,而高潮日不等大的情况。

潮位涨落过程两次相邻高潮(或相邻低潮),在高度上不相等,而在时间间隔上也不相等,这种现象叫做潮汐周日不等。日不等现象具有复杂的变化。以月球为例,理论上指出,当它的赤纬最大时日不等最显著,而当它穿过赤道时日不等现象消失;事实上往往要

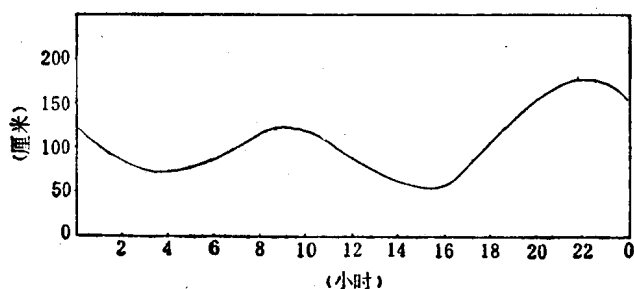


图3 龙口潮位日过程曲线

比该时刻延迟一段时间。

根据半个月的观测资料得知,平均潮差每天不同,而从月中天时刻到发生高潮(或低潮)的时间间隔也是每天不同,它们都具有半月周期。这种现象叫潮汐半月不等。它与航海和渔业生产活动关系密切。由一个月的观测资料还可发现,当地、月距离近的日期,潮差大,地、月距离远的日期潮差小。这就是潮汐月不等现象。

地球上的潮汐现象主要是太阳、月球对地球各处引力不同所引起的。在半个月当中出现一次大潮和一次小潮,这正是太阳和月球引力场共同作用的结果。此外,当地球在近日点附近潮差大,而在远日点附近潮差小。这就是潮汐周年不等现象。其实,潮汐每年也都不相等,因为有多多种多样的长周期变化,所以还有多年不等现象等等。

如前所述,在潮位升降的同时,还有潮流涨落。潮流速度既有大小又有方向。近岸或狭窄航道、海峡,潮流主要在两个方向变化,称为往复潮流。它有最大流速、最小流速;而当流速小于0.1节¹⁾时叫做“息流”。在外海,潮流可以在各个方向变化着,大约半天或者一天变化一周,称为迴转潮流(图4)。

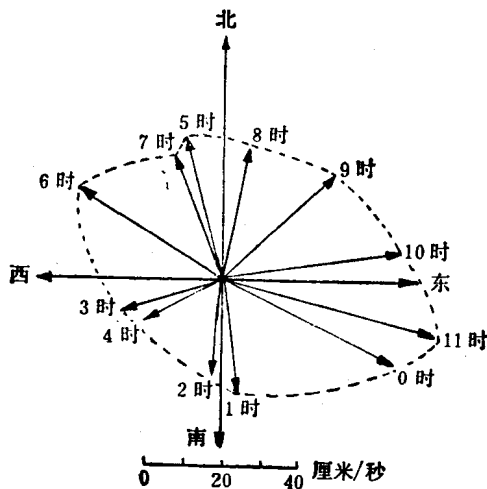


图4 东海中部实测流速的变化图

特殊现象,例如,太平洋社会群岛中的塔希提岛,那里的高潮时刻并不是每天平均推迟50分钟,而是几乎每天零点、12点左右发生高潮,6点和18点左右发生低潮。由于它的周期平均为12小时,为太阳日的一半,所以人们叫做太阳(半日)潮。世界海洋中潮差小的

潮位所具有的变化、周期及其不等的现象,对潮流同样存在。所谓“潮汐不等现象”一词,包括潮位和潮流两个方面的内容。

一般说,月球对地球各点的引力不同,这一引力与月球对地心的引力之差构成了月球的引潮力场;类似地,太阳在地球上也形成一个引潮力场。这两个引潮力场共同作用,乃产生地球体、海洋和大气中的潮汐现象。其中月球起主要作用。就海洋潮汐来说,出现高潮和低潮的时刻,每天平均推迟50分钟左右,24小时又50分钟正是地球相对于月球的平均转动周期。在海洋里,还存在着一些

1) 一节等于51.44厘米/秒,也就是每小时1海里。

仅零点几米,大的可达十五、六米,潮汐现象变化万千,发生这些现象的机制和原理,将在后面有关章节中阐述。

§ 1.2 研究海洋潮汐的意义

海岸附近和河口区域,是人类进行生产活动十分频繁的地带,而在这个地带潮汐现象显著,它直接或间接地影响着人们的生产和生活。例如,沿海地区农田排灌,海滩围垦,水产的捕捞和养殖,航海,筑港,以至于利用潮能发电等,无不与潮汐涨落有着密切的关系。

我国地势西北高而东南低,因此江河东去,日夜下泄大量淡水流入海洋。沿海河口地段在雨季如何防洪、排涝是一个和潮汐有关的问题。在落潮时间易于排涝,但涨潮时间却是一个不利的因素,洪峰与高潮相遇有可能使河水泛滥。因此,沿海河口段的防洪,不能不注意潮水的规律。潮水上涨能顶托河水,使其水位升高,在平时还可用来灌溉农田。但要预防海水倒灌,因海水有盐分会损伤庄稼,破坏土质。我国沿海断断续续的长达数万里以上的海堤就是为了防止海潮和波浪的日夜冲击,用其利、排其害的宏伟工程。这个工程早在秦、汉时代便陆续开始了。以开拓较晚的南方为例,如福建的莆田,于唐建中年间(公元780—783年)即“堵海为田,筑长堤以遏阻海潮”;宋代治平元年到熙宁八年(公元1064—1075年)建成砌长石的大海堤113公里,灌溉农田15万亩。在沿海地方志中,类似这样的记载不胜枚举。

我国东南沿海台风频繁,风助潮势,如果台风引起水位的增高正好和高潮相遇,就可能发生海溢。《海塘录》中记载说:“宋宁宗嘉定十二年,潮冲平野二十余里,蜀山沦于海。十五年又城南陷地四十余里。元仁宗延祐元年,海溢陷地三十余里。明成祖永乐六年海决,至成化十三年海决,前后陷地六、七十里”。海溢陷地往往使“民畜溺死,庐舍漂没无数”,它给沿海人民带来巨大的灾难。对风暴潮进行研究和作出危险潮位的预报是一个和潮汐有关系的课题。

关于捕捞,人们可以追溯到新石器时代甚至更早的年代,当时我国沿海已有人类居住。据近年来考古发掘的辽宁、福建、广东沿海的“贝丘遗址”得知,这些东西是当时人们退潮时采集的海生动物,吃后剩下的甲壳和骨骼的堆积。其中还有渔钩、网坠、挖取牡蛎的凿子等捕捞工具。如果他们对海潮知识毫无所知,是不可能靠这种采集、渔猎活动来维持生活的。

几千年来,我国从南到北,沿海居民都有赶海的习惯。即趁退潮时间,下海捕捉鱼、虾、蟹,挖取海蛎子(牡蛎)、蛤蜊、蚶、蛏等等。这种“赶海”的活动,多限于在潮间带,即涨潮时被淹没、落潮时露出水面的地带。人民群众利用农历日期算潮,了如指掌,以便他们在沿岸带进行捕捞活动。

沿海各种类型的定置网具¹⁾,也是利用涨、落潮流捕捉鱼类的工具,型式多样,历代都有所改进。近代渔轮虽在外海作业,但也需要知道涨、落潮流的方向以及转流时刻才能进行有效的捕捞。

1) 比如根据《青州府志》记载:“海上鱼产所用之网,……上网有浮木,下网坠石,每网一贴约长二丈、阔一丈五,……相联而用,网至百贴,则长二百丈。乘海潮正满,众乘伐载网,……待潮退鱼皆满网,……可得杂鱼数万”。

海带的生产,在我国渤海、黄海以及东海沿岸比比皆是,有“海上庄稼”之称。养殖地区全在近岸带,其放苗、施肥、管理都得考虑潮水的规律,才能事半功倍。

我国春秋时代,沿海地区渔、盐业的生产,日渐发展成为“富国之本”。因此,除上述渔业外,引海水晒盐,同样具有悠久的历史。以天津地区来说,早在两千多年前的汉代便是一个盛产海盐的地区。《天津府志》记载塘沽、汉沽一带:“近海之区,预掘土沟,以待海潮侵入,……筑晒池九层或七层,……注满晒之……。”《宁河乡土志》还记载说:“用八蓬风车,将潮水车入沟内,使之入池,曝晒即成盐矣”。有的盐场还总结出“长晴纳潮头,雨后纳潮尾”以及“夏天纳日潮,秋天纳夜潮”等经验,这都是为了纳入高浓度的海水,提高盐的产量。高潮时候纳取海水,不仅含盐量高,而且泥沙杂质少。根据胶州湾东洋咀八月下旬每天高、低潮取水样分析,其平均值为:

	盐 度	含沙量
高潮	26.5‰	0.196‰
低潮	16.6‰	0.298‰

这就是说,如取1公斤的海水,高潮时候比低潮时候多10克的盐,而且少0.1克的泥沙。盐场纳取海水何止千万吨,如不按高潮时纳取海水,则不仅影响盐的产量,而且也难以保证盐的质量。

以上讲述发展渔、盐之利与潮汐的关系,其实和潮汐关系更为密切的莫过于航海了。浅水海湾或港口,载重量稍大些的船只,要候潮才能进出港口,才能保证通航的安全。此外,顺着潮流方向航行,能加快航速,节约时间和燃料,反之则减低航速,造成浪费。例如,有一条船从长江口的吴淞开往杭州湾的乍浦,有时航行18小时,有时仅航行11小时。这是因为潮流顺逆不同所致,这一正反两方面的经验很值得注意。另外,潮流还能使船只偏离既定航向,稍不谨慎容易发生事故。我国沿海地方志记载说:“驾舟洋海虽凭风力,亦视潮信以定向往”;“水路视潮次停泊,犹驿铺也”,“船之进港、出港全视潮之平涨,以卜难易、迟疾。古人水上用兵因潮汐而分成败者,不可胜记,则防海者潮汐诚不可不知也”。这些经验总结,说明了潮汐与航海有密切的关系。即使现代化轮船也需注意潮时,上海通往温州的客轮,开船时间每天推移,这正是因为高潮时刻每天推移的缘故。许多沿海国家每年出版潮汐表,主要的就是为了供航行船只作参考。

潮汐与海上用兵也有密切的关系。公元1661年,我国民族英雄郑成功率领舰队进军台湾,赶走了荷兰侵略者,就是一个众所周知的实例。他于澎湖开航,四月初二到鹿儿门港,这里航道中沙屿横亘,航海者视为畏途。但由于这次战争的正义性,依靠群众掌握航道情况和潮水的规律,利用大潮,舰船顺利地靠岸登陆,大败荷兰侵略军,收复了台湾岛。又如解放初期,我人民海军在解放某岛的战斗中,正确地选定高潮时刻登陆,一举收复了该岛。总之登陆作战,以选定高潮时刻前半小时到一小时为宜,根据船只的吨位和吃水深浅来确定日期和时刻,创造对战役有利的条件,以便克敌制胜。

随着航海活动的开展,港口兴建、浚深等工作接踵而来。海港码头和泊地,按停靠船只的吨位和吃水深度,根据每天高、低潮位进行统计,合理地确定出高度和水深,以保证船只装卸方便和进出港口的安全。

海港建设过程中,由于人为地改变了原来自然环境的动力条件,沉积物质的分布和运动的规律随之发生相应的变化,应尽量利用潮流主流带冲刷航道、泊地,以便减少经常维