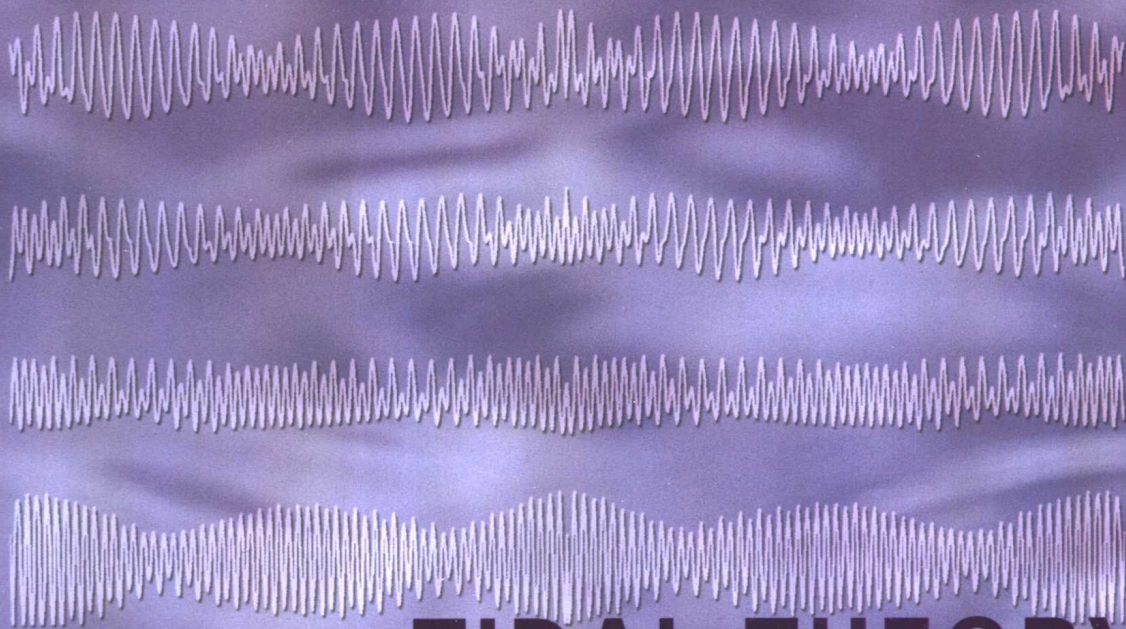




海洋科技书系

黄祖珂 黄磊 编著

潮汐原理与计算



TIDAL THEORY AND CALCULATION

中国海洋大学出版社

TIDAL THEORY AND CALCULATION
潮汐原理与计算

黄祖珂 黄 磊 编著

中国海洋大学出版社
• 青 岛 •

内容简介

本书主要论述海洋潮汐现象及其成因,引潮势的各种展开,潮汐调和分析、谱分析及响应分析的原理和方法,太阳辐射潮,潮波数值计算,工程潮位,固体潮分析及海潮对固体潮的负荷效应等方面的内容。本书既可作为海洋学专业及其相关专业的研究生、本科生的教学参考书,也可作为海洋气象、海洋工程、海洋测绘、地球物理等学科的科研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

潮汐原理与计算/黄祖珂,黄磊编著. —青岛:中国海洋大学出版社,2005.6

ISBN 7-81067-677-6

I. 潮… II. ①黄… ②黄… III. ①潮汐学 ②潮汐推算 IV. P731.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 053428 号

潮汐原理与计算

黄祖珂 黄磊 编著

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市鱼山路 5 号 邮政编码 266003

网 址 <http://www2.ouc.edu.cn/cbs>

电子信箱 cbsybs@ouc.edu.cn

订购电话 0532-82032573 82032644(传真)

责任编辑 孟显丽 电 话 0532-82032121

印 制 日照报业印刷有限公司

版 次 2005 年 10 月第 1 版

印 次 2005 年 10 月第 1 次印刷

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 19.125

字 数 364 千

定 价 32.00 元

版权所有

侵权必究

前 言

早期人们根据航海活动的需求,从事海洋潮汐分析预报的研究,时至今日对天文潮的预报已经达到相当成熟的地步。随着科技的发展,对潮汐学的研究要求越来越高,例如在海洋污染物扩散、泥沙运动、水体交换等方面的研究,都要通过潮流数值计算掌握潮流场的分布变化规律后才能够完成。诸多海洋问题也需要从潮汐角度加以研究,例如闽浙沿岸上升流的产生原因,以往人们普遍认为是风和台湾暖流形成的,通过潮流数值研究,认为潮汐因素也能产生上升流,并且是产生上升流的经常性的动力因素。根据地震预测等学科研究的需要,我国大陆设立了许多固体潮观测站,进行连续观测,为固体潮的研究打下了坚实的基础。这要求海洋潮汐工作者与固体潮工作者共同研究海洋潮汐对固体潮的负荷影响及其相互作用。

本书前3章介绍了引潮力及引潮势的各种展开,第4,5章分别介绍潮汐谱分析及潮汐、潮流分析预报,第6章介绍潮汐响应分析,第7章介绍常用的几种潮波数值计算模式,第8,9章分别介绍基准面和工程潮位的计算,第10章介绍固体潮。青岛远洋船员学院黄磊副教授负责编写了本书的部分章节,并承担了大量计算和绘图工作。

在教学和科研的实践中,本书作者对所介绍的大部分理论方法编写了计算程序,用大量的海洋潮汐、潮流及固体潮的资料进行了计算研究,以求论证所介绍理论方法的可行性和科学性,并在研究生和本科生的教学基础上完成本书的编写。

本书的成稿和出版,始终得到海洋环境学院院长、系领导和老师们的鼓励和支持,陈宗镛教授始终关心本书的编写并提出宝贵意见,在此谨表谢意。由于作者水平所限,书中难免存在错误和不足,敬请专家与读者指正。

作 者

2005年3月

目 录

第 1 章 潮汐、潮流现象	(1)
§ 1.1 绪言	(1)
§ 1.2 潮汐现象	(3)
1.2.1 验潮概况	(3)
1.2.2 潮汐名词	(4)
§ 1.3 潮汐类型	(5)
§ 1.4 潮汐随月相和赤纬的变化	(7)
1.4.1 大潮和小潮	(7)
1.4.2 回归潮和分点潮	(7)
§ 1.5 中国沿海的潮汐特点	(8)
1.5.1 潮汐类型的分布	(8)
1.5.2 高潮间隙的变化	(8)
1.5.3 潮差分布	(9)
1.5.4 江河口潮汐	(9)
§ 1.6 潮流现象	(11)
1.6.1 旋转式潮流	(11)
1.6.2 往复式潮流	(12)
1.6.3 高、低潮与转流和最大潮流的关系	(12)
1.6.4 潮流类型	(13)
第 2 章 引潮力	(16)
§ 2.1 天文常识	(16)
2.1.1 天球、黄道和白道	(16)
2.1.2 赤道坐标系与黄道坐标系	(18)
2.1.3 年	(18)
2.1.4 月	(18)
2.1.5 日	(19)

2.1.6 时	(19)
2.1.7 地平视差	(20)
§ 2.2 日、月运行轨道参量的计算	(21)
2.2.1 s, h, p, N, p_s 的计算	(21)
2.2.2 太阳和月球的余赤纬及陆地东经的计算	(23)
2.2.3 $\frac{\bar{D}}{D}, \frac{\bar{D}_s}{D_s}$ 的计算	(26)
§ 2.3 引潮力	(26)
2.3.1 引潮力的产生原因	(26)
2.3.2 引潮力的公式	(28)
§ 2.4 垂直引潮力的球函数展开及计算	(30)
第3章 引潮势和平衡潮	(33)
§ 3.1 引潮势	(33)
§ 3.2 平衡潮	(36)
§ 3.3 平衡潮的达尔文展开	(37)
§ 3.4 引潮势的杜德逊展开	(45)
§ 3.5 引潮势的精密展开	(51)
§ 3.6 分潮及 f, u 的计算公式	(53)
3.6.1 达尔文展开的分潮	(54)
3.6.2 杜德逊展开的分潮	(58)
§ 3.7 引潮势的准调和分潮展开	(63)
3.7.1 实际分潮的合并	(63)
3.7.2 平衡潮分潮的合并	(64)
3.7.3 O_1, K_1, M_2, S_2 准调和分潮	(65)
3.7.4 M_1, MS_1 准调和分潮	(71)
3.7.5 实际的潮高公式	(71)
§ 3.8 太阳辐射势展开	(72)
§ 3.9 浅水分潮	(74)
第4章 潮汐谱分析	(77)
§ 4.1 傅氏变换	(77)
4.1.1 傅氏分潮	(77)
4.1.2 傅氏变换	(78)
§ 4.2 线谱	(78)

4.2.1 δ 函数	(78)
4.2.2 线谱	(79)
§ 4.3 折叠谱	(79)
4.3.1 取样的时间间隔 Δt	(79)
4.3.2 折叠谱	(80)
§ 4.4 两条谱线的分辨率	(81)
4.4.1 有限频带函数的截断	(81)
4.4.2 分辨两条谱线的雷利准则	(81)
§ 4.5 理想滤波	(83)
4.5.1 理想滤波器	(83)
4.5.2 卷积滤波	(83)
4.5.3 吉布斯现象	(84)
§ 4.6 低通滤波与平滑	(84)
4.6.1 低通滤波	(84)
4.6.2 平滑	(87)
§ 4.7 带通滤波及窗函数	(87)
§ 4.8 杜德逊滤波器	(89)
§ 4.9 功率谱与互谱	(92)
4.9.1 功率谱	(92)
4.9.2 互谱	(93)
§ 4.10 快速傅氏变换	(94)
第 5 章 潮汐、潮流分析和预报	(100)
§ 5.1 潮汐调和常数	(101)
§ 5.2 一年潮汐分析的最小二乘法(1)	(103)
5.2.1 分潮的选取	(104)
5.2.2 求解 A, B 的线性方程组	(104)
5.2.3 右端项 C_i, D_i 的计算	(106)
5.2.4 赛德尔迭代求解 A_i, B_i	(108)
5.2.5 $f, (V_0 + u)$ 的计算	(109)
5.2.6 对缺测资料的处理	(110)
§ 5.3 一年潮汐分析的最小二乘法(2)	(110)
§ 5.4 浅水港口潮汐分析和预报的一个方法	(112)
§ 5.5 高低潮数据的调和分析	(116)

§ 5.6 一个月潮汐资料的分析方法	(118)
5.6.1 分潮的选取	(119)
5.6.2 线性方程组的建立	(119)
5.6.3 次要分潮的订正	(124)
5.6.4 次要分潮调和常数的计算	(125)
5.6.5 σ, f, V_0, u 的计算	(127)
§ 5.7 潮汐“波面”分析法	(127)
5.7.1 潮汐“波面”	(127)
5.7.2 非整点潮高值的摘取	(128)
5.7.3 分潮族及分潮的分离	(131)
§ 5.8 潮汐预报	(133)
5.8.1 逐时潮位的计算	(133)
5.8.2 优选法计算高、低潮	(134)
§ 5.9 19 年潮汐分析及潮汐分析的稳定性	(135)
5.9.1 19 年潮汐资料的总体分析	(135)
5.9.2 潮汐分析的稳定性	(137)
5.9.3 极潮	(140)
§ 5.10 单周日潮汐、潮流资料的准调和与分析	(141)
5.10.1 计算原理	(141)
5.10.2 良好天文观测日期的选择	(145)
§ 5.11 潮流椭圆要素及潮流频率统计	(146)
5.11.1 潮流椭圆要素	(146)
5.11.2 潮流频率统计	(147)
第 6 章 潮汐响应分析	(151)
§ 6.1 引力潮	(151)
6.1.1 引潮势的球函数展开	(151)
6.1.2 卷积滤波	(154)
6.1.3 天文变量的计算	(155)
§ 6.2 太阳辐射潮	(156)
§ 6.3 非线性潮	(159)
6.3.1 线性天文变量的组合	(160)
6.3.2 一级预报水位的组合	(162)
§ 6.4 响应权函数	(162)

§ 6.5 潮汐导纳	(165)
第 7 章 潮波数值计算	(167)
§ 7.1 潮波数值计算的 ADI 法	(168)
7.1.1 运动方程和连续方程	(168)
7.1.2 差分	(170)
7.1.3 前半时间步长 ζ, u, v 的计算	(173)
7.1.4 后半时间步长 ζ, v, u 的计算	(174)
7.1.5 潮波数值计算的边界条件	(176)
7.1.6 计算参量	(179)
7.1.7 计算结果分析	(179)
§ 7.2 Leendertse 三维非线性潮波数值模式	(181)
7.2.1 三维潮波微分方程	(181)
7.2.2 差分	(185)
7.2.3 切应力的计算	(187)
7.2.4 边界条件	(188)
7.2.5 计算参量	(188)
§ 7.3 Backhaus 三维非线性潮波数值模式	(189)
7.3.1 控制方程	(189)
7.3.2 层积分方程	(190)
7.3.3 运动方程的差分	(193)
7.3.4 连续方程的差分及水位 ζ 的求解	(195)
7.3.5 垂直隐式系统求解 U^{n+1}, V^{n+1}	(197)
7.3.6 垂直流速 w	(198)
7.3.7 边界条件的处理	(198)
7.3.8 计算参量	(199)
§ 7.4 潮流数值预报	(199)
7.4.1 方法 1	(199)
7.4.2 方法 2	(200)
§ 7.5 海洋潮波	(201)
7.5.1 中国近海潮波的分布状况	(202)
7.5.2 长方形海湾的旋转潮波	(205)
7.5.3 摩擦对海湾无潮点的影响	(208)
7.5.4 M_2 无潮点处的潮汐、潮流类型	(209)

7.5.5 大洋潮波	(209)
§ 7.6 烟台海域潮汐、潮流类型相异的原因	(210)
§ 7.7 渤海潮波系统的变迁	(211)
§ 7.8 潮汐岬角锋	(212)
§ 7.9 东海沿岸潮致上升流	(214)
第 8 章 海平面和海图基准面	(216)
§ 8.1 平均海面和国家高程基准	(216)
8.1.1 黄海平均海水面	(217)
8.1.2 1985 国家高程基准	(217)
§ 8.2 海平面高度的分布	(220)
§ 8.3 太阳辐射潮对月平均海面变化的影响	(221)
8.3.1 中国沿岸潮汐的低频振动	(221)
8.3.2 零族潮位的响应分析	(221)
§ 8.4 海平面的长期变化	(224)
8.4.1 平均海面的长周期变化	(224)
8.4.2 海平面的上升趋势	(225)
§ 8.5 短期验潮站年平均海面的确定	(227)
8.5.1 水准联测法	(227)
8.5.2 同步改正法	(227)
§ 8.6 海图基准面	(228)
8.6.1 概况	(229)
8.6.2 理论深度基准面	(229)
8.6.3 浅水分潮订正	(232)
8.6.4 平均海面季节订正	(232)
第 9 章 工程潮位	(233)
§ 9.1 潮汐特征值	(233)
9.1.1 潮汐类型	(233)
9.1.2 潮龄	(233)
9.1.3 涨潮时间与落潮时间	(234)
9.1.4 潮信表	(235)
9.1.5 从实测资料中统计潮汐特征值	(236)
§ 9.2 设计高、低水位	(237)
9.2.1 长期站设计高、低水位的计算方法	(237)

9.2.2 短期站设计高、低水位的计算方法	(239)
§ 9.3 多年一遇的高、低水位	(239)
9.3.1 长期站多年一遇高、低水位的计算	(239)
9.3.2 短期站多年一遇高、低水位的计算	(244)
§ 9.4 乘潮水位	(244)
第 10 章 固体潮	(246)
§ 10.1 倾斜潮汐分析及海潮负荷效应	(246)
10.1.1 零点漂移	(246)
10.1.2 倾斜潮的调和分析	(247)
10.1.3 倾斜潮的响应分析	(249)
§ 10.2 LOVE 数及负荷 LOVE 数	(252)
10.2.1 LOVE 数	(252)
10.2.2 负荷 LOVE 数	(253)
§ 10.3 重力潮	(255)
10.3.1 重力潮理论值的计算方法	(255)
10.3.2 重力固体潮的分析	(256)
§ 10.4 海潮对固体潮的负荷影响	(258)
10.4.1 格林函数	(258)
10.4.2 海潮对倾斜、重力潮的影响	(260)
§ 10.5 考虑到固体潮、平衡潮的潮波数值计算	(261)
§ 10.6 潮汐触发地震	(263)
§ 10.7 黏性潮汐形变在地球自转长期减速中的作用	(264)
附表	(266)
附表 1 杜德逊的引潮势展开式	(266)
附表 2 一年潮汐分析的 170 个分潮一览表	(278)
参考文献	(287)

第 1 章 潮汐、潮流现象

§ 1.1 绪 言

牛顿(1687)首先应用万有引力定律解释了地球的潮汐现象,在他的《自然哲学的数学原理》中,牛顿得出在假设的理想条件下,天体引力会使地球上的海洋表面形成一个平衡潮面,这个面在对着和背着天体的点形成高潮。这解释了地球上大部分海域一天之中有两个高潮和两个低潮的现象。同时解释了由于天体偏离赤道,造成潮汐日不等现象。他还指出,潮差的大小与天体的质量成正比,而与天体到地球距离的三次方成反比,由此说明了月球引潮力比太阳引潮力大,地球的潮汐主要是由月球引起的。

将潮汐理论进一步向前发展的是拉普拉斯(1775—1776),他提出了潮汐动力学理论,且引入地球偏转力,对几种理想的全球海洋进行求解。

拉普拉斯的理论被后人作了若干修改和发展,例如考虑了摩擦效应以及地潮对海洋潮汐的影响等,但其基本理论未变。拉普拉斯之后,艾里(Airy G. B., 1845)、杜德逊和普劳德曼(Doodson A. T. and Proudman J., 1936—1940)等都对理想形状的大洋求得了潮汐的分布,这对深入了解和解释大洋潮汐起到了重要作用。

汤姆森(Thomson W., 1879)研究了地转作用下无限长等深沟渠中的长波,得出了著名的开尔文波。泰勒(Taylor G. I., 1920)得出了海湾和矩形海域中潮波的解。陈宗镛(1965)、方国洪等(1966)以不同的方式考虑了摩擦对潮波的影响,解释了无潮点偏向左岸的成因。

对潮波微分方程求解解析解时,只能将海区形状简单化以解决求解方程的困难。但这样做不能得到符合实际的潮波分布。为了克服这一缺点,20世纪50年代开始了潮波微分方程的数值解。汉森(Hansen W., 1952)首先开展了二维潮波数值计算。电子计算机问世以后,潮波数值计算蓬勃发展起来。通过潮波数值计算可以充分掌握海区的潮汐、潮流的分布变化规律,甚至达到了潮汐、潮流数值预报的程度。

通过潮波微分方程的解析解和数值解了解海区的潮汐、潮流情况,而通过对某一港口的实测潮汐资料进行调和分析,以达到预报潮汐的目的。汤姆森(即开尔文)1868年首先设计了调和方法。达尔文(Darwin G., 1883—1886)发展了调和方法,对平衡潮进行了调和展开,得到了主要分潮的频率,设计了调和分析方法,他对各主要分潮的命名至今仍在使用。杜德逊(Doodson A. T., 1921)对引潮势进一步展开为纯调和分潮,引用了月球运动的 Brown 系数和 Newcomb 表,使引潮势展开的结果更为精确。1928年,他设计了依据一年潮汐资料用于手工计算相对简单的分析 60 个分潮的分析方法,同时提出了 15 天、29 天、1 天或 2 天潮汐资料的分析方法。方国洪于 1960 年发展了杜德森短期观测的分析方法,对引潮势进行了准调和展开,提出了潮汐分析和预报的准调和分潮方法(1974, 1976, 1981),为我国的潮流、潮汐分析预报工作作出了重要贡献。随着电子计算机的应用,现在对 1 月、1 年、19 年潮汐资料的分析能够更快更好地完成,分析的分潮数目更多更合理,能够相当精确地预报潮汐。

芒克(Munk W. H.)和卡特赖特(Cartwright D. E.)于 1966 年提出了潮汐响应分析法。响应法不必事先规定存在何种频率的振动,就能客观地分析出各种可能的振动,可以在一定程度上将频率相同而来源不同的各种振动分离开。虽然这种方法用于潮汐预报太麻烦,但对于潮汐的研究有其特殊的价值。

月球和太阳引潮力不仅能够引起海洋潮汐,还能引起地面倾斜潮汐、重力潮汐以及地球应变潮汐,后三者通称为固体潮或简称体潮。海洋潮汐对固体潮还存在着负荷效应,其影响是相当明显的。许厚泽、毛伟建(1988)在研究大洋潮汐对中国大陆的负荷效应时,依据大洋潮波图求出地球各点对单位质量负荷的响应函数,即格林函数,然后利用格林函数对不规则的负荷作褶积积分,从而得到负荷潮。计算表明,对倾斜潮的影响达到甚至超过体潮的影响,对重力潮可以达到体潮的 5%,应变潮的 50%。黄祖珂、陈宗镛(1992)依据固体潮观测站一年逐时的倾斜潮资料利用响应分析将倾斜引力潮(体潮)和倾斜负荷潮分离开,表明海洋潮汐对沿海地面倾斜的负荷效应达到了体潮的量级,对内陆的影响较小,但能达到内陆很远的地方。虽然国内有专门的机构和学者研究固体潮,但是海洋潮汐和固体潮之间的相互作用研究,需要所有的潮汐工作者共同努力。有报道称,当海洋潮汐出现天文大潮,特别是其与风暴潮同时出现时容易引起固体潮的异常变化,有可能诱发地震。

在近代我国的潮汐研究和教学中,郑文振(1959)的《实用潮汐学》、陈宗镛(1980)的《潮汐学》和方国洪等(1986)合著的《潮汐和潮流的分析和预报》等专著发挥了重要作用。

§ 1.2 潮汐现象

海水受到月球和太阳引潮力的作用产生规律性的上升下降运动,这种海面的升降现象叫做海洋潮汐。海洋潮汐的周期大约为半天或一天。海洋潮汐还具有半月、月、年、18.61年等长周期变化。由引潮力引起的潮汐称为引力潮。另外,太阳热辐射的周期性变化会引起气象的周期性变化,从而间接地引起海面的周期性升降运动,这叫做太阳辐射潮。太阳辐射潮通常比引力潮小得多,但是在海面的年周期变化过程中太阳辐射潮起着主要作用。另外,风、气压等气象因子还能引起海面的增减水现象。

引潮力的周期性变化能够引起地面倾斜、重力以及地球应力的潮汐变化,它们分别称为倾斜潮汐、重力潮汐和应变潮汐,总称为固体潮。海洋潮汐与固体潮汐之间存在明显的相互作用。

1.2.1 验潮概况

通过潮汐观测(验潮)获取潮汐资料。我国设有若干长期验潮站,进行长期连续观测。为了完成海道测量、港口建设等项目,还设立了大量的短期验潮站,只进行短期的验潮。

如图1.2.1所示,短期验潮站可以设立水尺进行人工观测。每个验潮站均确定自己的水尺零点(水位零点),作为水位的起始面。水尺零点的位置相对来说是任取的,一般定在低潮线之下的某一高度上。各站的水尺零点不在同一水平上。水尺零点一经确定,不能随意变动,以便保持资料的连续性和完整性。再设立永久水准点或临时水准点,通过测量水尺零点与水准点之间的高度差来确定水尺零点的位置并检查其是否变动。当潮差较大,一根水尺不够用时,可以设立数根水尺,不同时段在不同的水尺上读数,但最后均应归化至该站的水尺零点上。

长期验潮站建有验潮井,采用验潮仪进行自记观测。井壁设有管孔与井外海水相通,使井内的水面与海面同步升降,而又能消掉海浪的影响。井内外各设有水尺以检验井内外水位是否一致和验潮仪的水尺零点是否变动。

现在我国已经使用电子仪器进行验潮,例如安得拉水位仪能够自动地记录置于其上水柱压力的变化,从而换算成潮汐资料。这种自记水位仪能够消除海浪的影响,但也需要设立水尺以检验仪器零点(水尺零点)的位置及其变动情况。

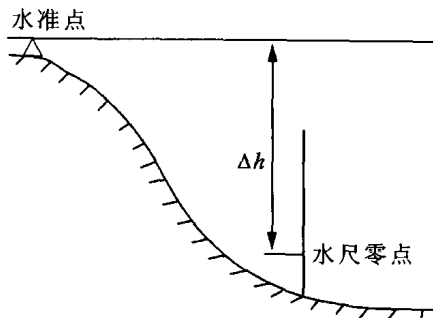


图 1.2.1 验潮站示意图

依据每月的验潮资料整理成潮汐月报表,记录每天 24 h 的潮位值、高低潮的潮时和潮高以及有关的潮汐特征值。

1.2.2 潮汐名词

1. 高潮和低潮

在海面升降的一个潮周期中,海面上升到最高时称为高潮,海面下降到最低时称为低潮。

2. 平潮和停潮

当海面达到高潮的时候,海面暂时停止升降的现象称为平潮。在低潮时海面暂时停止升降的现象称为停潮。平潮和停潮的时间长短因地而异,有几分钟或几十分钟,最长可达一二个小时。一般取平潮(停潮)的中间时刻为高潮时(低潮时),其对应的潮位高度称为高潮高(低潮高)。

3. 涨潮和落潮

从低潮到高潮,海面逐渐上升称为涨潮;自高潮至低潮,海面逐渐下降为落潮。从低潮时至高潮时所经历的时间,称为涨潮时间;从高潮时至低潮时所经历的时间,称为落潮时间。

4. 高高潮、低高潮、低低潮、高低潮

一天之中的两个高潮和两个低潮中,高的高潮为高高潮,低的高潮为低高潮,低的低潮为低低潮,高的低潮为高低潮。

5. 潮差

相邻的高潮与低潮之潮位高度差为潮差。潮差的平均值是平均潮差。月平均潮差等于月平均高潮高与月平均低潮高之差。

6. 日潮不等

一天之中两次高潮高不相等,或两次低潮高不相等的现象叫日潮不等现象。

7. 高、低潮间隙

从月中天到高潮时的时间间隔叫做高潮间隙,从月中天到低潮时的时间间隔叫做低潮间隙。其平均值是平均高(低)潮间隙。高(低)潮间隙因地而异,而且同一地点的高(低)潮间隙也随月相的变化而略有差异。对半日潮海区,平均高潮间隙在 0~12 h 25 min 之间变化。

§ 1.3 潮汐类型

依据各海区高、低潮的变化情况将潮汐变化分为以下几种类型。潮汐类型也称为潮汐性质。

1. 正规半日潮

这种类型的潮汐在一个太阴日(24 h 50 min)内有两次高潮和两次低潮,潮汐日不等现象不明显,且相邻两个高潮(低潮)的时间间隔(周期)约为 12 h 25 min。图 1.3.1 的(A)图是坎门 1998 年 3 月 1 日至 3 月 31 日的潮汐变化过程图,该站属于正规半日潮类型。

在浅水和江河口海域,潮波在传播过程中由于受到浅水效应的作用而变形,普遍会出现涨潮时间短、落潮时间长的现象,而且浅水分潮具有明显的量值。如果是在半日潮海区,随着 H_{M_1}/H_{M_2} 比值的增加,涨、落潮时间差会变大,如果 $H_{M_1}/H_{M_2} > 0.5$,则在一太阴日中就可能出四次高潮和四次低潮的现象。浅水效应明显的半日潮类型属于非正规的半日浅海潮类型。

2. 不正规半日潮混合潮

在一太阴日内有两次高潮和两次低潮,但相邻的两高潮(低潮)高度不相等,而且涨潮时间与落潮时间也不相等,这种潮汐日不等现象还每天变化。图 1.3.1 的(B)图属不正规半日潮类型。

3. 不正规日潮混合潮

如图 1.3.1 的(C)图所示,此种类型的潮汐在一月之中的部分日子里,每天出现一次高潮、一次低潮的现象。

不正规半日潮和不正规日潮通常为混合潮类型。

4. 正规日潮

在一个月的多数日子里,一天之内只有一次高潮和一次低潮,少数日子里有两次高潮和两次低潮。

实际工作中依据潮汐调和常数来计算(见 § 9.1),与上面的规定基本相符。

在图 1.3.1 及图 1.3.2 中,(A),(B),(C),(D)显示出坎门、龙口、三亚、涠洲四个港口的潮汐类型分别为正规半日潮、不正规半日潮、不正规日潮和正规日潮。

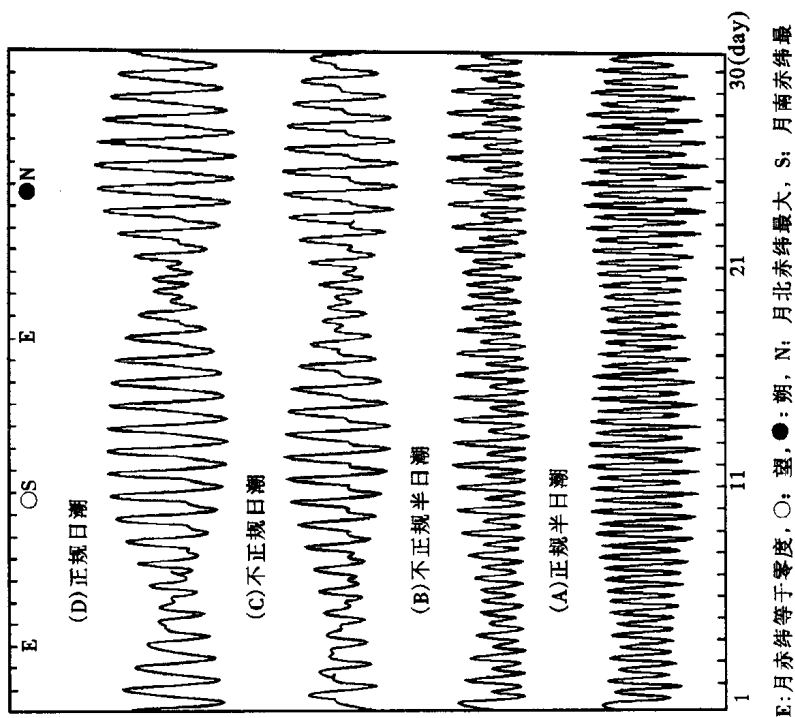


图1.3.2 潮汐变化过程图 (1998年6月1日~30日)

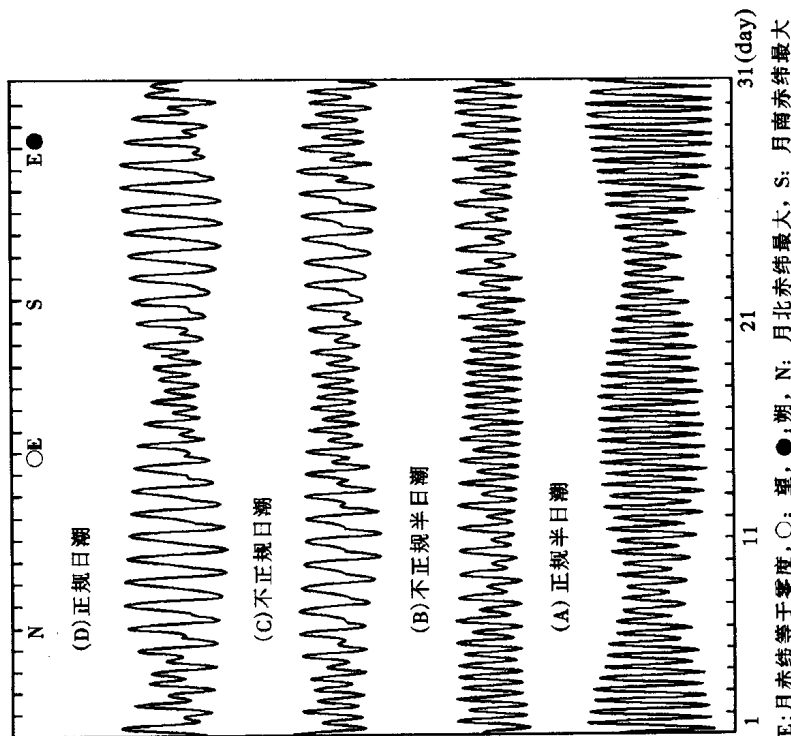


图1.3.1 潮汐变化过程图 (1998年3月1日~31日)