

第一章 绪论

海洋覆盖了地球表面 71% 的面积，地球上有了水，才有生命，才有万千纷呈的世界。人类源于斯，而求于斯，海洋是人类生存发展的支柱之一。在世界面临人口资源环境严重危机之时，海洋于人类的可持续发展将发挥越来越重要的作用。1983 年，联合国环境与发展委员会提供的《我们共同的未来》报告中指出，21 世纪的持续发展将取决于海洋管理的进展。1998 年“国际海洋日”，我国政府发表的《海洋》白皮书全面阐述了 21 世纪我国和世界各国共同开发、利用和保护海洋的战略和政策。河口地区与海岸带素为经济发达、人口聚居之地带，世界人口约有 2/3 居住于沿海地区，河口地区与海岸带也是资源丰富、开发潜力巨大的地带。同时，人类还必须在不断抗御海洋灾害中求生存。海岸工程是人类开发利用海洋资源、防御海洋灾害的必要手段。

一、海洋资源——人类生存的重要支柱

人类利用海洋的历史悠久，初期以渔盐之利、舟楫之便为主。随着社会经济的发展和科技水平的提高，人类对海洋功能的认识不断深化，开发利用强度不断提高，海洋已成为人类重要的依赖领域。

海洋提供广阔的航运资源。在现代世界经济中，洲际之间的货物贸易 90% 以上是依赖海上运输实现的，海上运输能力迅速增长。为降低运输成本和提高港口的吞吐能力，船舶趋向大型化，出现了 10 万吨、20 万吨级的散货轮，20 万吨、30 万吨甚至 56 万吨级的超级油轮以及 6 000~8 000 TEU 大型集装箱专用船。国际主流的远洋油轮为 20 万~30 万吨级，运输费用较经济的远洋散货轮为 10 万吨级。作为货物集散的重要环节，港口的数量和规模迅速增大，进港航道相应增深，世界上许多老港口的航道已增深到 13 m，新建海港和河口港的航道多为 18 m。到 20 世纪 80 年代，英国每 40 km 海岸有一个港口，日本每 30 km 就有一个港口，荷兰鹿特丹港欧罗港区的进港航道水深分段达到 23.5 m、22.5 m 和 21.5 m 以满足超级油轮、大型集装箱船和散货轮进出港池。以港兴城，港口的发展也带动了地区经济的发展，世界上 2/3 的大、中城市分布在沿海地区，其中相当多的城市以港口城市为特征。船舶大型化、集装箱化的趋势使海港工程面临新的挑战。

海洋为人类提供丰富的生物资源，成为人类食物结构的重要组成部分。据粗略估计，全球海洋生物资源总量约有 600 亿~700 亿 t，在不破坏生态平衡的前提下，年捕捞量可在 1.5 亿~2.0 亿 t，若再利用滩涂、海湾，加上运用人工鱼礁技术，发展养殖业，人类从海洋摄取食物尚有很大潜力。我国大陆架渔场面积有 150 万 km²，水深小于 15 m 的浅水海域和滩涂 2 亿多亩（1 亩≈0.0667 hm²），可发展水产养殖。

滩涂、浅海是人类扩大生存空间的重要区域。1999 年 9 月 12 日，世界人口已达到 60 亿，随着人口的膨胀，经济活动的扩大，耕地不断被蚕食，尤其是沿海地区人口稠密，可持续发展需要后备土地的支撑。低地国家荷兰近 800 a 围海造地 8 000 km²，日本近 40 a

围海造地 2 000 km²。我国近 50 a 围垦滩涂 1.2 万 km²，开辟农业基地（如江苏大喇叭围区、辽宁大洼围区），建设大型工业企业和电站（如上海石油化工公司，浙江秦山核电站），新建大型机场（如上海浦东国际机场）等，增强了沿海地区社会经济发展的后劲和潜力。建造人工岛也成为人类扩大生存发展空间的一种途径，如日本的神户人工岛（面积 436 hm²）、大阪南港人工岛（面积 937 hm²）、神户三甲人工岛（面积 580 hm²）、横滨大觉人工岛（面积 321 hm²）、横滨四日市人工岛（面积 387 hm²）。此外，还利用滩涂和浅海建造机场或其他基础设施，目前世界上已有十几个海上机场。

海洋蕴藏可再生的潮汐能、波浪能、温差能、海流能、盐差能等，这些能源可以再生，取之不尽、用之不竭，不污染环境，是宝贵的“绿色能源”。但是海洋能密度小，稳定性差，开发费用高。目前只有潮汐发电进入应用阶段，如法国的朗斯电站（年发电量 5.44 亿 kW·h），圣马洛湾电站（计划年发电量 250 亿 kW·h），俄罗斯的梅森电站（计划年发电量 350 亿 kW·h）。其他海洋能的利用尚处在试验研究阶段。我国沿海蕴藏潮汐能约为 1.1 亿 kW，其中可开发利用的约为 3 580 万 kW，每年可发电 870 亿 kW·h；我国的波浪能量约有 1.5 亿 kW。但是目前都还处在小型试验阶段。海洋能的利用成本比较昂贵，它的开发利用必须结合其他资源利用（如水产养殖、旅游、交通运输、水资源利用等）获取综合效益。

海岸自然景观优美壮观，风光多姿多彩，动感诱人，加之沿海地区多为文明发祥地，人文景观丰富，因此，海岸和海岛是现代旅游休闲的热线区域。我国山东蓬莱的“海市蜃楼”，海南东寨港的“海底世界”，辽宁长海的海蚀景观，青岛的碧波金滩，厦门鼓浪屿的“海上花园”，钱塘江河口的涌潮，浙江普陀山的“海天佛国”都是久盛不衰的游览胜地。

海洋对污染物质有比陆地强得多的扩散稀释能力和净化能力，也有一定的降解能力，对陆地生态起着很好的调节作用，是宝贵的环境资源。但是，向海洋排污必须控制在海域环境容量允许的界限之内，否则势必造成水质恶化、富营养化乃至赤潮。

二、海洋灾害——人类生存的隐患

1. 风暴潮和暴风大浪引起的灾害：台风、温带气旋、寒潮大风等强烈天气过程会引起水面异常增升，并伴有狂风巨浪。如遭遇大潮汛，潮助浪威，浪长潮势，风暴大浪具有巨大的冲击力，对天然海岸和海岸工程建筑物产生极大的破坏力。拍岸浪对海岸的压力可达 30~50 t/m²，巨浪可把千吨以上的混凝土块体移动 10 余米，把 200 t 重的物体从水下 4 m 卷到岸上。发生风暴潮、暴风浪时，常有堤岸决口冲垮、潮淹陆地，导致生命财产惨重损失。1970 年 11 月 12~13 日孟加拉湾风暴增水超过 6 m，巨浪高达 20 m，夷平整个哈提亚小岛，50 多平方千米里荡然无存，致使 20 余万人丧生，100 多万人无家可归。1972 年墨西哥湾的美国沿岸，一次风暴潮灾害的损失就达 31 亿美元。1981 年 11 月 26 日德国新造的全天候“爱玛特力斯”号集装箱货轮在百慕大海区突遇狂风巨浪而沉没。1983 年“爪哇海”号浮式钻井船遇台风大浪袭击而沉没，死亡 81 人，财产损失 800 万美元。1979 年，我国“渤海 2 号”钻井平台在拖航途中遭遇 30 m/s 的大风而翻沉，死亡 72 人，损失 1 亿元左右。1980 年 7 号台风暴雨损坏渔船 3 133 艘，冲垮海塘 430 多千米，淹没农田 73 万亩，死亡 414 人。1997 年因遭受 9711 号台风袭击，浙江省海堤决口 13 894 处，损坏海堤 766 km，直接经济损失 193 亿元。

2. 海啸引起的灾害：海啸是由海底地震、火山喷发和大规模滑坡崩塌激起的巨浪，它是介于潮波与涌浪之间的重力长波，波长约几十至几百千米，周期 $2\sim 200\text{ min}$ ，一般为 $2\sim 40\text{ min}$ 。据统计，1900~1983年发生在太平洋的海啸记载就有 405 次，平均每年 4~5 次。1883 年巽它海峡的喀拉喀托火山喷发引起的海啸，掀起 35 m 高的波浪，招致 36 000 余人殒命。1896 年由海底地震引起的日本三陆大海啸使 27 000 人丧生。1958 年 7 月 9 日阿拉斯加半岛里塞亚湾由地震诱发的海底滑坡引起浪高达 50 多米的海啸浪，把两条船只卷抛到 500 m 高的小山上。1960 年 5 月 23 日在智利发生的海啸，曾将夏威夷群岛希洛湾内护岸砌壁约 100 t 的岩块抛到百米之外，附近一座钢质铁路桥被推离桥墩 200 多米。

3. 海冰引起的灾害：海冰对船舶、海上平台和其他海上工程设施造成的海损、海难危害不可低估。1912 年“泰坦尼克”号大型客轮的海难事件即为典例。当时集造船技术之大成建造的 4.6 万 t “泰坦尼克”号大型客轮在驶往美国途中，行至加拿大的纽芬兰南 400 km 处，因与浮冰相撞，客船沉没于 400 多米深的海底，1 500 多名乘客遇难。1969 年 2~3 月渤海特大冰封，整个渤海湾和渤海的大部被厚冰覆盖，流冰扩展到渤海海峡以西约 10 n mile 处，进出天津塘沽新港的货轮有 7 艘被流冰推到海滩上，港区外一座观测平台和两座钻井平台被流冰推倒。

除上述突发性的海洋灾害外，还有过程发展缓慢但对沿海地区影响深远的海洋灾害。全球变暖引起的海平面上升已为世界各国关注，近一个多世纪以来，世界平均海面上升了 18 cm，平均每年上升 $1\sim 2\text{ mm}$ 。据 1995 年政府间气候变化专门委员会（IPCC）的评估报告预测，全球增温将加速海平面上升，预计至 2050 年海平面上升的最佳估计值为 20 cm，至 2100 年海平面上升的最佳估计值为 49 cm。某些岛国将无法居住，低洼的沿岸平原也将消失，世界上许多大河三角洲都将成为海平面上升过程中最易受到威胁的脆弱区域。国外有些专家的预测更是惊人，美国和荷兰的科学家认为，到 2050 年，世界上的一些大城市，如纽约、新奥尔良、上海、雅加达、东京、大阪、威尼斯、曼谷和台北等将面临海水淹没的危险。据国家海洋局公布资料，我国沿海海平面上升平均速率为 2.6 mm/a ，其中，渤海沿岸海平面上升速率为 3.1 mm/a ，黄海为 2.8 mm/a ，东海为 2.1 mm/a ，南海为 3.0 mm/a 。海平面的上升导致海岸侵蚀程度增大，沿海低平原海水倒灌、土壤盐碱化和河口盐水入侵加剧，沿海堤防的防潮能力和低平原的抗涝能力降低。为适应变化的环境，人类将不得不付出巨大的代价。

另外，由于全球气候变化和不断增大的人类生产、生活活动的影响，部分近海海域的生态平衡受破坏，引起次生灾害。例如，赤潮（海水中某些微小浮游植物、原生动物或细菌在一定的环境条件下，短时间内爆发性繁殖、聚集而引起海水变色，并导致海洋生物死亡）发生的频率和区域在增大，已对相关沿海地区的生物资源和人民生活产生影响。类似的次生灾害已对海岸带开发利用形成制约因素，在某些特殊区域甚至构成某些资源开发利用的阻断因素。

三、海岸工程——人类利用海洋、防御海患的必要手段

除了海上运输、远洋捕捞、海上采油外，现阶段和未来相当长的一段时间内，人类开发利用海洋的主要阵地还是在海岸带，防御海患的重点区域也是在海岸带。海岸工程是人类为海岸防护、海岸带资源开发和空间利用而采取的各种工程设施，主要包括港口航道、滩涂围垦、促

淤造陆、潮汐发电、临海工矿企业的取水排污、油气开发和海底输油气管、海底光电缆、海岸防护、河口治理、河口建闸挡潮御咸蓄淡以及人工岛、跨海大桥、人工鱼礁等工程。

海岸工程有其社会属性和自然属性。在社会经济发展的不同阶段，社会生产和生活需求是不同的，工程科学技术水平是不断发展的，海岸工程的规划设计必须与各阶段的社会需求和工程科技水平相适应，这是海岸工程的社会属性。自然属性是指海域作为一个自然地理单元，其环境和资源的客观条件，这是海岸工程是否可行的客观基础。海岸工程的规划和决策必须以这两种属性为出发点。因此，海岸工程的决策既要充分发挥当地的自然优势功能，又要充分考虑社会需要与可能的因素。一般取决于以下基本因素：一是自然环境条件是否具有值得开发的资源基础和值得保护的价值；二是社会迫切需要的程度；三是工程技术上是否可行；四是社会投资能力是否允许；五是在达到工程效益的情况下，是否具有较好的经济效益、社会效益和环境效益。

海岸带资源具有多价值、多功能的特点，同时海域环境具有流动的特征，一项工程可能对周边区域带来有利或不利的的影响，可能在利用某些资源的同时，制约甚至损害了其他资源。一项海岸工程实施后如果出现严重的负面影响，修复和挽回损失常是十分困难的。因此，任何海域的开发利用都必须建立在对区域功能和价值客观评估的基础之上，结合社会经济需求，统筹兼顾，综合平衡，确定海域的功能顺序。在开发项目互相冲突的情况下，在突出主功能的前提下，也必须把可能产生的负面影响减少到最低程度。

四、海岸工程环境的研究方法

人类利用海洋、抗御海患已有悠久历史。我国祖先在公元前 306~前 220 年就在渤海、黄海之滨的碣石（秦皇岛附近）、转附（芝罘附近）、琅琊（古镇口附近）筑港。汉、唐以后，在会稽、泉州、番禺分别筑港。我国古代最早的海塘建于东汉（公元 25~220 年），汉代也有小规模的海塘。但是，海岸工程作为一门学科还是直到 1950 年召开的第一届海岸工程国际学术会议上才问世。“海岸工程学”（coastal engineering）研究海岸工程建筑物与海岸动力、海岸地貌、海岸沉积物相互作用机制及其对海岸生态环境的影响。它与其他多种学科（如海洋学、海岸动力学、海岸地貌学、海岸沉积学、工程地质学、水文学、气象学、泥沙运动力学以及流体力学、结构力学、材料力学等）有着密切的关系，是自然科学和工程技术在海岸带开发规划、设计与工程建设上的应用。

工程活动是人类与自然的纽带。海岸工程与海岸自然环境的和谐是沿海地区社会经济可持续发展的重要条件。在诸多海岸自然环境因素中，海岸动力地貌环境与海岸工程有着非常密切的关系。正确把握动力地貌环境的大局观念加上巧夺天工的海岸工程规划设计，才可以获取最佳的工程效益、经济效益和环境效益。

海岸工程动力地貌环境的分析研究应采取理论分析与现场观测分析、实验室试验研究、数学模拟研究相结合的方法。

定性或定量的理论分析是正确认识海岸工程和动力地貌环境及其相互影响的基础，它是通过大量工程实践积累提炼、归纳演绎的精髓。当然，由于海岸环境涉及因素的复杂性，在分析问题只能抓住主要因素，忽略其他次要因素，在数学表达上要作不同程度的近似处理，因而理论结果与实际结果会有一定的差别。

在海岸工程中，现场观测分析是不可缺少的手段。海岸环境的地区差异很大，各种环

境因素的特征、主次程度都因地而异,而且随时间的变化也十分明显,海岸工程必须以其所在地区的环境因素为依据进行布局设计,物理模型和数值模拟也必须有现场观测资料作为建模的依据和验证的标准,一些经验或半经验的关系式,在具体应用时,其参数也需通过现场观测提供。此外,现场观测的资料数据反映观测时段综合背景下的环境参量。但是,由于观测技术的局限,现场观测的时空跨度十分有限,许多环境因素在恶劣海况下无法获取,也无法获知海岸工程实施后的环境参数。

实验室试验研究(通常指物理模型或比尺模型试验)可与现场观测分析互补,它在时间和空间有很大的任选性,测取工程关键部位的各种参数,测定各参量之间的数量关系,并可把拟建的工程建筑物按比尺放入模型,预测一定时间范围内不同边界条件下某些参数的变化,以便对各种设计方案进行比选。但是,同样因为自然环境的复杂性,在模型中不可能包含所有的环境因素,还因比尺关系上的困难,模型试验结果与实际情况的吻合尚存问题。

近年来,在海岸工程实践中,数值模拟方法在研究波浪场、流场、泥沙场及岸滩冲淤变化方面得到越来越广泛的应用。数值模拟避免了物理模型中的比尺效应问题,能够模拟比物理模型大得多的空间范围,为小范围的物理模型提供边界条件,并可较方便地比选各种工程方案。由于数值模拟建立在严格的力学机理和物理关系之上,海岸环境中许多过程的力学机理的认识尚不够完善,即使能建立完整的数值模型,也还有是否存在数值解法的问题,通常需要作若干假设,以便简化数值解法,因而也会产生模拟结果与实际情况之间的差别。

总之,上述研究方法各有所长,也各有弊端,不宜单取其一,尽可能综合运用,取长补短,互为佐证。当然,在海岸工程决策、规划、设计的不同阶段,可侧重采用不同的分析研究手段。本书概略地介绍了一些常用的现场观测的内容和方法以及物理模型、数值模拟的基本知识,实际工作时需查阅专门书籍和规范,并通过亲身实践摸索和提高。

本书共有七章。第一章为绪论。第二章主要介绍与海岸工程有关的自然因素及其在我国沿海的时空分布特点。

第三章重点阐述与海岸工程有关的海岸动力地貌学问题,包括海岸动力的纵向、横向变化和泥沙运动,海岸地貌及其演变特征,并分析了海岸工程与动力地貌环境相互制约和影响的关系。该章内容肯定不会像专门的海岸动力学、海岸地貌学教材那么系统全面,惟力求面向海岸工程,使海岸工程与海岸动力地貌学相互融通。

海岸工程类型众多,虽然各类工程的特点不同,但是它们与海岸动力地貌环境的依存和相互影响有许多共性。本书选择海港工程、海岸防护工程和河口治理工程予以重点介绍。这几类工程经验积累丰富,规范成熟,工程等级标准较高,对其他海岸工程有很好的示范作用和借鉴意义。第四章是海港及航道工程,扼要介绍海港的水下工程建筑物(如码头、防波堤、进港航道)的布局要求和主要结构型式。第五章是海岸防护工程,主要叙述海堤和护坡、护脚、护滩以及围垦、促淤工程的布局特点和结构型式。第六章主要介绍河口治理的原则及主要的河口治理工程。至于地基承载力、海岸动力对工程建筑物的作用力和工程稳定性分析计算等专业性极强的内容,有志研究者可参阅严恺编著的《海岸工程》、《海港工程》等有关专业书籍和规范。在理解和领悟第三章内容的基础上,进而掌握一些海岸工程的基本知识,对于未来从事海岸带开发研究和管理工作是有益的。

第六章是讲述海岸工程可行性研究中常用的现场勘测内容和方法,并扼要介绍物理模型和数值模拟的基本原理和方法。

第二章 海岸工程的自然环境因素

影响海岸工程的自然条件包括气象、水文、地质地貌等方面。其中，气象因素有风、雨、雾和冰等；水文因素有潮汐、波浪、海流和河流入海径流及其伴随的泥沙运动等；地质地貌因素有海岸、河口的地质构造和地貌形态以及地基的物理和力学特征等。本章主要叙述气象因素和水文因素。

第一节 气象因素

一、风

风是由空气水平运动产生的，风主要通过风成浪、风应力产生的漂流及风暴潮对海岸工程和环境产生影响，是重要的气象因素。

风况包括风向和风速，根据工程上的需要，常把风向分成 16 个方位，绘制风玫瑰图（图 2-1）。风频率图绘出各个方向上不同风的出现频率，即占全年（或多年）各向风总次数的百分比。海岸工程中比较关注大风引起的影响，有时要求绘制大于某一风级的风玫瑰图，并收集和统计台风资料。风速最大的方向称为强风向，出现频率最高的方向称之为常风向。强风向和常风向在有些地区是一致的，也有很多地区是不一致的。常风向的风速

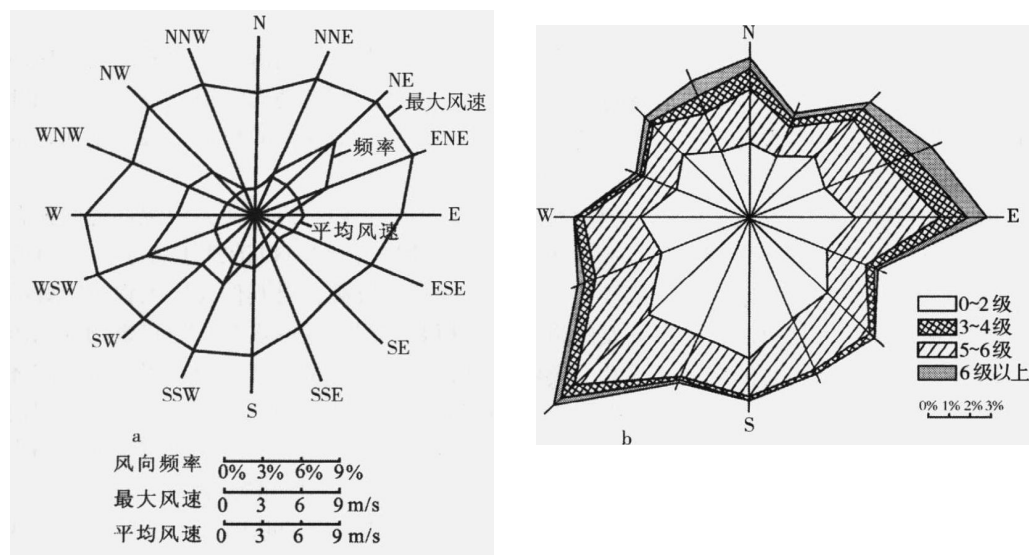


图 2-1 风况图

a. 风玫瑰图；b. 风频率图

不一定都很大, 强风向也不一定代表大风相对集中的方向。

风力或风速, 根据其强弱分为 12 级 (表 2-1)。我国沿海, 特别是华东、华南沿海经常遭受台风袭击, 风力高达 10~12 级以上, 多发生在 7~9 月份, 被台风袭击地区常出现狂风暴雨和高潮、巨浪, 对海岸工程建筑物有很强的破坏力。

表 2-1 风力等级表

风 级	0	1	2	3	4	5	6	
风速	(kn)	1 以下	1~3	4~6	7~10	11~16	17~21	22~27
	(m/s)	0.0~0.2	0.3~1.5	1.6~3.3	3.4~5.4	5.5~7.9	8.0~10.7	10.8~13.8
风 级	7	8	9	10	11	12		
风速	(kn)	28~33	34~40	41~47	48~55	56~63	64~71	
	(m/s)	13.9~17.1	17.2~20.7	20.8~24.4	24.5~28.4	28.5~32.6	32.7~36.9	

由于气团发源地不同, 全球各个地带的风况各异, 我国近海风况的特点主要表现为: 季风、寒潮大风和台风。

1. 季风

以海陆间热力差异为主导因素, 随着季节变化而引起高、低压中心和风带的移动, 形成冬、夏两季盛行方向几乎相反的风, 夏季由海向陆吹, 冬季由陆向海吹, 称为季风。我国是季风国家之一, 每年 10 月至翌年 3 月盛行偏北风, 6 月以后盛行偏南风, 4、5 月和 8、9 月为季风转换季节。冬季渤海和黄海多西、西北和北风, 占 60%; 东海多北和东北风; 南海多东北和东风, 占 88% 左右。夏季多为东南、南和西南风, 渤海、黄海占 50% 左右; 东海、南海占 56% 左右。

2. 寒潮

寒潮是强冷空气的侵袭。中央气象台规定: 冷空气入侵后, 气温在 24 h 内降低 10℃ 以上, 且最低气温降至 5℃ 以下, 称为寒潮。它是我国冬季主要的天气过程之一, 其天气过程特点是: 寒潮来临后, 出现 6~8 级、阵风 10 级以上的偏北大风, 并伴有雨和冰冻, 一般持续 3~5 d。寒潮路径较稳定, 发源于北极地区, 经西伯利亚, 主要从偏西北方向进入我国, 影响我国沿海的寒潮主要发生在 10 月到翌年 4 月。寒潮大风在一些迎风的海岸引起增水现象 (风暴潮), 对港口、航道、海堤构成一定的威胁, 如江苏海堤曾在 1966 年 2 月和 1979 年 1 月因遭受寒潮大风增水而破堤, 因此, 工程设计中应特别注意。

3. 热带气旋及台风

热带气旋是发生在热带或副热带海洋上的气旋性涡旋, 它起源于赤道南北纬度 5°~20° 的海洋面上, 以太平洋最多, 约占 66%, 尤以西太平洋更多, 占 36% 以上。中央气象台把热带气旋按气旋中心最大风力分为四级: 中心风力 8 级以下 (风速 $U < 17.2$ m/s) 称为热带低压; 8~9 级 (风速 U 介于 17.2~24.4 m/s) 称为热带风暴; 10~11 级 (风速 U 介于 24.5~32.6 m/s) 称为强热带风暴; 12 级及以上 ($U \geq 32.7$ m/s) 称为台风。1989 年 1 月 1 日以前, 我国使用的分级标准将热带风暴和强热带风暴称为台风, 将台风则称为强台风。台风直径为 600~1 000 km, 台风区内等压线分布近似圆形, 中心气压可降至 90 000 Pa 以下, 气压梯度一般为 15~16 Pa/km, 地面最大风速可达 50~60 m/s,

台风中心移动速度约 $10 \sim 50 \text{ km/h}$ 。

我国沿海遭遇的热带气旋和台风主要集中在 7~9 月，尤以 8 月和 9 月为多，登陆我国的热带气旋最早在 5 月 3 日，最晚在 12 月 2 日，主要集中在广东、海南，其次是台湾、福建和浙江，在上海和长江以北沿海省市登陆相对较少（表 2-2）。

表 2-2 1981~1998 年沿海各省每年登陆大于等级 8 级的热带气旋频次数（参引《中国围海工程》）

省（区）	辽宁	河北	天津	山东	江苏	上海	浙江	台湾	福建	广东	广西	海南
平均登陆次数	0	0	0	1	1	1	11	28	10	56	1	33
平均影响次数	0	0	0	0.05	0.05	0.05	0.6	1.5	0.5	3.1	0.05	1.8

风力在 8 级以上的大风日数和最大风速是海岸工程规划设计的必要气象资料。一般可参照附近地区的沿海平台、岛屿站和岸边观测站多年观测资料，结合海岸工程地区情况确定。表 2-3 是我国沿海代表性台站的多年观测统计资料。

表 2-3 沿海站点各季大风日数及占全年的百分比（%）（参引《中国围海工程》）

海区	站名	春 天		夏 天		秋 天		冬 天	
		日数	%	日数	%	日数	%	日数	%
渤海	营 口	34.8	40	15.6	18	19.6	23	16.3	19
	秦皇岛	3.4	45	1.4	19	1.0	13	1.7	23
	塘 沽	17.7	36	9.3	19	9.7	20	12.2	25
黄海	丹 东	14.3	34	3.2	8	8.8	21	15.8	28
	大 连	27.4	34	8.9	11	19.5	24	25.1	31
	成山头	33.0	27	11.2	9	32.3	26	48.0	39
	青 岛	21.3	31	8.9	13	16.0	23	22.4	33
	石臼所	7.2	34	3.2	15	4.6	22	5.9	28
	西连岛	24.8	30	18.3	22	18.9	23	21.0	25
东海	嵎 测	40.8	28	37.8	26	28.0	19	40.4	28
	乍 浦	4.5	32	4.0	29	1.7	12	3.7	27
	宁 波	1.3	22	2.2	37	1.4	23	1.1	18
	温 州	0.8	13	3.1	51	1.5	25	0.7	11
	南 鹿	45.2	25	31.6	18	48.1	27	53.5	30
	台 山	35.8	21	32.1	19	47.1	28	53.4	32
南海	平 潭	17.4	18	13.1	13	34.9	36	32.8	33
	南 澳	26.7	29	7.6	8	23.7	26	33.1	36
	汕 头	33.0	29	3.3	29	2.4	21	2.3	20
	湛 江	1.0	15	3.1	4.8	2.1	32	0.3	5
	三 亚	0.6	8	1.9	26	3.6	50	1.1	15
	东 方	7.0	26	6.2	23	6.0	24	7.5	27

二、雨

降水量是指一定时段内，降落到平地（假定无渗漏、蒸发、流失等）的降水（包括雨、雪、雹）所积成的水层深度（如为固态水须折合成液态水计算），以毫米计。雨的大小是以降水强度来衡量的，降水强度是单位时间内的降水量，通常以 10 min, 1 h 或 1 d 为时间单位。我国国家气象局规定：日降水量大于等于 50 mm 小于 100 mm 为暴雨；日降水量大于等于 100 mm 小于 150 mm 为大暴雨；日降水量大于等于 150 mm 为特大暴雨。

港口规划时统计降水日数以及降水量的目的在于分析它对港口作业天数、装卸质量、排水设备、工程施工安排等的影响。降水强度还是道路布置、排水系统设计的重要依据。雨量及降雨延时的统计,用以分析降雨对港口作业天数的影响。对于煤炭、矿石、原油等货类的作业,雨的影响很小,可以不作为主要因素考虑,但对杂货、化肥、粮食等货类的作业,则应考虑雨日对作业天数的影响,日雨量大于 10~25 mm 可以作为雨日而不作业。暴雨强度是港口排水系统设计的依据。

我国大陆沿海的暴雨主要出现在夏季风盛行期间,主要由西风带天气系统和热带天气系统引起,前者以锋面降水为主,后者以台风降水为主。由于夏季多热带气旋活动,暴雨与狂风、巨浪、风暴潮遭遇,对海岸地区的工农业生产和海岸工程产生很大危害。浙江 1960 年 7~8 月两次受台风影响,北雁荡、乐清、平阳分别出现日雨量高达 460 mm, 468 mm 和 449 mm 的特大暴雨;广西北海市 1971 年 5 月 31 日受 7106 号台风影响,出现日雨量 559.6 mm 的特大暴雨;辽宁丹东地区 1962 年 7 月 27 日受 6207 号台风袭击,黑沟日雨量达 657 mm。

1. 我国年降水量的地理分布

苏北废黄河口以北黄海、渤海沿岸,年降水量大多为 550~1 000 mm,其中丹东最大(1 019 mm)。

废黄河口以南至杭州湾黄海、东海沿岸,年降水量大多为 1 000~1 200 mm,但沿海岛屿年降水量多在 1 000 mm 以下。

杭州湾至福建南部的东海沿岸,年降水量大多为 1 500~1 700 mm,其中宁德最大(2 014 mm)而海岛的年降水量大多为 1 000~1 300 mm。

南海大陆岸段的年降水量在 1 600 mm 以上,有 3 个多雨中心即:粤东海丰(2 380 mm)、粤西阳江(2 250 mm)和广西防城、东兴(2 800 mm 以上)其中防城县的滩散最大达 3 512 mm,为全国海岸带降水量最大地区。

海南沿海的东部琼海、万宁一带年降水量为 2 100 mm 左右,而西部的东方仅为 993 mm。

中国沿海降水量分布见表 2-4。

表 2-4 中国沿海多年平均降水量 (参引《中国海岸带和海涂资源综合调查报告》)

站 名	年降水量 (mm)	站 名	年降水量 (mm)
丹 东	1 019.1	南 通	1 024.0
大 连	6 58.7	上 海	1 141.9
营 口	6 67.4	宁 波	1 374.7
锦 州	5 47.7	温 州	1 694.6
秦皇岛	6 91.0	福 州	1 343.7
塘 沽	6 02.9	厦 门	1 143.5
利 津	5 37.3	汕 头	1 554.9
烟 台	6 45.9	广 州	1 681.1
青 岛	7 75.6	湛 江	1 567.3
日 照	9 16.0	海 口	1 684.5
连云港	9 66.0	钦 州	2 103.4
盐 城	9 90.2	白龙尾	2 324.1

2. 我国沿海年降水日数的地理分布

苏北废黄河口以北黄海、渤海沿岸，年降水日数多为 60~100 d，其中，渤海较少，为 59~75 d，黄海大多为 80~100 d。

废黄河口至闽江岸段，年降水日数为 110~187 d，其中江苏最少，仅 110~125 d；长江口以南多在 140 d 以上；宁德最多，达 187.5 d。

闽南至广西钦州岸段，年降水日数多为 110~150 d；钦州以西为 160 d 以上，东兴为 180 d，防城县马路高达 202 d，为我国海岸带之冠。

海南沿海降水日数：东部多，为 140~165 d，琼海最多，为 167 d；西部少，为 87~102 d。

3. 最长连续降水日数的时空分布

苏北废黄河口以北岸段，最长连续降水日数为 7~15 d，大多数岸段出现在 7、8 月。废黄河口以南大部分岸段为 16~30 d，其中广西东兴最长，达 32 d；广东多出现在 5、6 月，广西多在 7、8 月，海南多在 9 月。

4. 我国暴雨的地理分布

我国沿海全年各月都有暴雨发生，夏半年多，冬半年少，主要集中在 5~9 月，尤以 7~9 月为最多；但各海区沿岸的差别较大。

黄海、渤海沿岸，暴雨发生在 4~10 月，集中于 7、8 月。东海沿岸，温州以北暴雨大多在 4~11 月，6~9 月最多；温州以南以及南海沿岸全年都可能发生暴雨。

暴雨的季节分布由南向北发生月份滞后，暴雨日减少。

渤海沿岸暴雨日大多为 2 d 左右；黄河沿岸大部分为 3~4 d；东海沿岸，杭州湾以北大多为 2~3 d，以南多为 3~5 d，但宁德高达 8 d，是一个暴雨中心；阳江为 12.1 d，斗门为 12.4 d，上川岛为 11.8 d，海南万宁为 11 d，广西东兴为 15.3 d，东兴是我国海岸带暴雨之冠。

三、雾

大气中水汽凝结物质使能见距离 $d < 1000$ m 时，此种天气现象称为雾。它影响船舶航行安全、港口的正常作业和渔业生产安全。雾的大小用能见度来表示，能见度是指人正常视力在当时天气条件下，所能见到的最大距离。所谓“能见”是在天空背景上能将目标物的轮廓分辨出来。雾的大小按能见度分为 10 级（表 2-5）。气象部门规定：能见距离 $d \leq 1000$ m 和 $d \leq 4000$ mm，分别为恶劣能见度（即能见度大于等于 3 级）和低能见度（即能见度大于等于 5 级），能见度低于 3 级，属航行危险天气条件。

表 2-5 能见度等级表

等级	能见距离		等级	能见距离	
	(n mile)	(m)		(n mile)	(m)
0	小于 0.03	小于 50	5	1.0~2.0	2 000~4 000
1	0.03~0.10	50~200	6	2.0~5.0	4 000~10 000
2	0.10~0.25	200~500	7	5.0~11.0	10 000~20 000
3	0.25~0.50	500~1 000	8	11.0~27.0	20 000~50 000
4	0.50~1.00	1 000~2 000	9	≥ 27.0	$\geq 50 000$

从船舶航行安全考虑,发现危险目标后,船舶紧急倒车的惯性行距与能见距离相适应就能避免海损事故。船舶的惯性行距与船舶制动的前进速度和船舶的吨位、船型有关,另外还要看船舶采取什么制动措施。一艘 2 万吨级的船舶,在港内微速前进,发现目标全速倒车的惯性行距要 400 m 左右,半速倒车要 600 m。10 万吨级船相应的惯性行距为 600 m 和 1 000 m。船舶要安全地进出港,需保证驾驶人员或引航员有 500~1 000 m 的良好视程。所以能见度低于 3 级,船舶就不宜在港区和航道上航行。这样的雾日应从港口作业天数中扣除。我国沿海年均雾日数分布:黄海和东海沿岸较多;渤海和南海沿岸较少。辽东半岛东侧,成山头至青岛,长江口至福建北茭以及琼州海峡一带为多雾区。

我国沿海一年四季都可能有雾,但由南往北逐渐推迟,较频繁出现时间是 12 月至翌年 7 月。

我国沿海能见度,以渤海最好,南海次之,东海较差,黄海最差。具体分布:

渤海沿岸,能见距离 $d \leq 4\,000\text{ m}$ 的日数在 6 d 以内。

黄海沿岸,石岛至成山头一带能见距离 $d \leq 4\,000\text{ m}$ 的日数可达 38 d,被称为“雾窟”;大连至大鹿岛一带, $d \leq 4\,000\text{ m}$ 的日数为 30 多天。

东海沿岸,能见距离 $d \leq 4\,000\text{ m}$ 的日数 20~25 d。

南海沿岸,惟有雷州半岛和琼州海峡能见度较差, $d \leq 4\,000\text{ m}$ 的日数为 10 d 左右。

四、海冰

海冰是高纬度地区沿海工程需要特殊考虑的问题之一。因受强冷空气或寒潮侵袭,我国渤海及黄海北部沿岸不同程度地出现海冰,一般在近岸浅水区域形成一定宽度、与岸冰冻结在一起的固定冰。再往深水处则在一定范围内出现随流漂移的流冰带。中国海冰冰情预报分 5 级:轻冰年、偏轻冰年、常冰年、偏重冰年和重冰年(表 2-6)。一般以辽东湾冰情最为严重。根据 20 世纪 30 年代以来的海洋观测记载,属重冰年的有 1936 年、1947 年、1957 年、1969 年和 1977 年。其中 1969 年 2~3 月在渤海发生的特大冰封,除老铁山水道和猴矶水道外,几乎整个渤海海面为海冰所覆盖,天津新港、秦皇岛港、葫芦岛港、营口港和龙口港的海上交通运输处于瘫痪状态,流冰迫使万吨巨轮失控,将“海二井”石油平台和天津新港回淤研究站的观测平台推倒。不论是固定冰还是流冰,对船舶航行构成真正威胁的结冰厚度在 0.2 m 以上。因此,冰情调查要特别注重结冰厚度大于 0.2 m 的海冰分布范围、盛冰期天数及海冰厚度。

表 2-6 渤海和黄海北部冰情等级标准

等级	辽东湾			渤海湾			莱州湾			黄海北部		
	冰厚(cm)		范围($\times$ 1.85 km)	冰厚(cm)		范围($\times$ 1.85 km)	冰厚(cm)		范围($\times$ 1.85 km)	冰厚(cm)		范围($\times$ 1.85 km)
	一般	最大		一般	最大		一般	最大		一般	最大	
轻冰年	<15	30	<35	<10	<20	<5	<10	20	<5	<10	20	<10
偏轻冰年	15~20	45	35~65	10~20	35	5~15	10~15	30	5~15	10~20	35	10~15
常冰年	25~40	60	65~90	20~30	50	15~35	15~25	45	15~25	20~30	50	15~25
偏重冰年	40~50	70	90~125	30~40	60	35~65	25~35	50	25~35	30~40	65	25~30
重冰年	>50	100	>125	>40	80	>65	>35	70	>35	>40	>80	>30

我国沿海海冰冰情见表 2-7。

表 2-7 中国北部海区沿岸冰情特征要素 (参引《中国围海工程》)

站名	固定冰尺度 (km)		固定冰厚度 (cm)		固定冰堆积高度 (m)	流冰冰界 (km)	流冰厚度 (cm)	流冰最大速度 (m/s)
	一般	最大	一般	最大				
大鹿岛	2~3	5	30~40	60	1~3	10~20	15~30	1.1
小长山岛	1~2	3	15~30	50	1~2	10~20	12~20	1.0
长兴岛	<1		20~30			10	10~30	
鲅鱼圈	2~4	6	30~40	100	2~5	10~12	15~30	1.9
营口	6~8	10	40~50	81	2~4	30~50	15~30	1.8
葫芦岛	3~4	6	20~40	78	2~6	20~40	15~30	1.5
芷锚湾	<1	2	20~30	63	2~4.5	20~40	15~30	1.2
秦皇岛	<1	2	20~30	54	2~4.5	20~30	5~20	0.7
塘沽						20~30	10~20	0.8
岔尖	1~2	3	15~30	35	1~3	10~20	10~20	1.4
龙口			10~20	30	1~2.6	20~30	5~20	1.0

冰对海岸工程的影响有 3 个方面：(1) 严重封冰可使港口不能使用，减少作业天数；(2) 冰对建筑物产生压力（挤压力和流冰撞击力）常成为轻型结构的控制水平力；(3) 冰的冻融严重影响着位于潮差段混凝土的耐匀性。

第二节 水文因素

一、水位

海面水位处在不断变动之中，它主要受控于潮汐、波浪以及由天气过程引起的风暴潮或风成增减水，在河口地区还受径流洪枯变化的影响，实际观测的水位是上述诸因素综合作用的结果。

1. 潮汐概述

在有潮海区，潮汐引起的水位变化是最显要的。潮汐是海水受月球和太阳引潮力而形成的有规律的水位升降，潮汐按主要日分潮与主要半日分潮的振幅之比 $F = (H_{K_1} + H_{O_1}) / H_{M_2}$ 分为：正规半日潮 ($F < 0.5$)，不正规半日潮 ($F \approx 0.5 \sim 2.0$)，不正规全日潮 ($F \approx 2.0 \sim 4.0$)，正规全日潮 ($F > 4.0$)。我国沿海，黄海、东海大部分为正规半日潮区；渤海内除秦皇岛沿海和黄河口为正规全日潮外，大部分为不正规半日潮；南海以不正规半日潮和不正规全日潮为主。我国沿海的潮汐类型分布如图 2-2。

在半日潮地区一日两涨两落，在全日潮地区一日一涨一落。相邻高潮与低潮的水位高程之差称为潮差，潮差是反映潮汐强度的指标，是海岸工程设计中重要的参数。我国沿海潮差分布趋势是东海最大，黄海、渤海次之，南海最小。沿海各站的潮差分布见图 2-3 和表 2-8。

潮汐有半月不等的大、小潮变化，在朔、望前后，月球潮汐椭圆与太阳潮汐椭圆的长轴近乎一致，太阳潮最大程度地加强太阴潮，高潮位更高，低潮位更低，出现大潮；而在上、下弦前后，两长轴几乎互相垂直，太阳潮最大程度地抵消太阴潮，高潮位降低，低潮

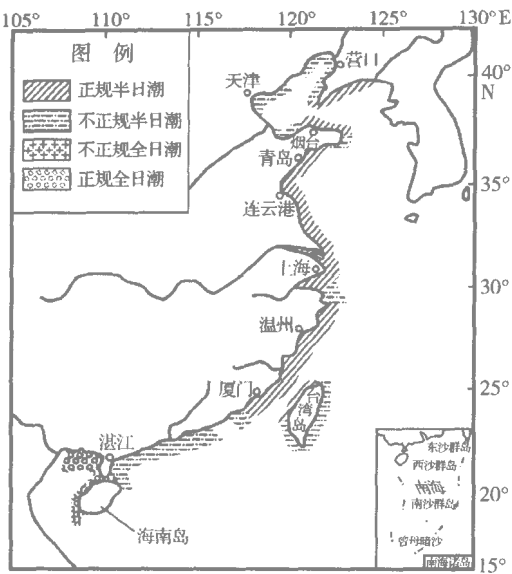


图 2-2 中国沿海潮汐类型图

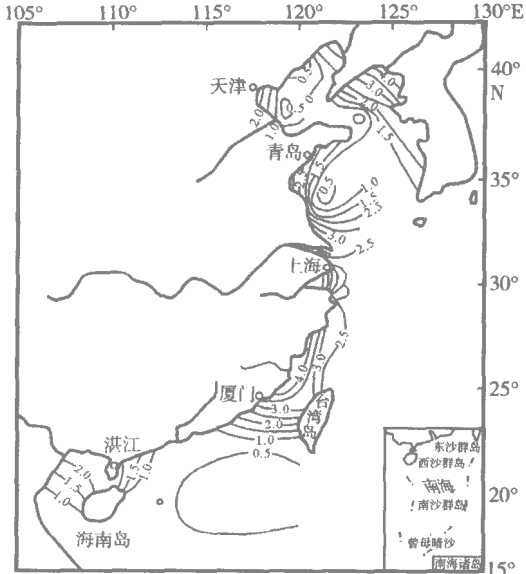


图 2-3 中国沿海平均潮差 (m) 分布图

表 2-8 我国沿海各站潮差分布 (参引《中国海岸带水文》)

站名	平均潮差 (m)	实测最大潮 差 (m)	站名	平均潮差 (m)	实测最大潮 差 (m)	站名	平均潮差 (m)	实测最大潮 差 (m)
大鹿岛	4.09	6.38	中浚	2.67	4.62	崇武	4.27	6.60
大连	2.04		鸡骨礁	2.57	4.52	厦门	3.96	6.42
鲅鱼圈	2.39	4.98	绿华	2.53	4.89	东山	2.30	4.10
营口	2.58		海王山	2.52	4.23	汕尾	0.98	2.58
秦皇岛	0.71		镇海	1.75	3.30	黄浦	1.64	3.38
塘沽	2.48	4.35	澈浦	5.54	8.93	闸坡	1.56	3.92
羊角沟	1.08		乍浦	4.50	7.57	湛江港	2.15	5.13
烟台	1.66	2.88	金山嘴	4.01	6.24	海口	0.82	3.31
成山角	0.75	1.81	滩浒	3.35	5.04	清澜	0.75	2.06
乳山口	2.44	4.31	芦潮港	3.21	4.90	八所	1.49	3.40
青岛	2.80	4.49	定海	2.10	3.80	榆林	0.85	2.14
石臼所	3.01	4.90	健跳	4.20	7.03	北海	2.26	5.36
连云港	3.39	6.48	旋门港	5.15	8.43	涠洲	2.13	4.51
吕四	3.68	6.78	沙堤	4.17	6.90	钦州	0.98	2.63
灵甸港	3.10	4.94	三都澳	5.35	8.54	防城港	2.25	4.93
高桥	2.39	4.66	平山潭	4.24	6.70	白龙尾	2.22	5.64

位抬高，出现小潮。

半日潮也有周日不等的变化。只有月球位于天赤道平面（地球赤道平面的延展面）时，地球各点的海面潮汐两涨两落的高度才是相等的。事实上，月球大部分时间是在天赤道平面两侧各为 $28^{\circ}36'$ 的范围内往返徘徊，于是地球上除赤道外的其他各点一日两涨两落的幅度不相等，形成潮汐的周日不等现象。当月球赤纬在 $28^{\circ}36'$ 时，潮汐周日不等现象最为显著。

由于月球绕地球运动和地球绕太阳运动的轨道是椭圆，地月距离、日月距离分别有 1

个月、1 a 的周期变化。距离小时，为近点潮，潮汐强一些；距离大时，为远点潮，潮汐弱一些。近地点的太阴潮比远地点大 40% 左右，近日点的太阳潮比远日点约大 10%。

此外，月球绕地运动轨道的长轴是转动的，近地点逐步东移，移动 1 圈的周期是 8.85 a，潮汐相应有 8.85 a 的长周期变化。月球的赤纬还存在 18.61 a 的周期变化，故相应的潮汐还具有 18.61 a 的长周期变化。

2. 风暴潮和假潮

(1) 风暴潮

风暴潮是指由强烈大气扰动（热带风暴或温带风暴和气压骤变）引起的海面异常变化的现象。它是一种重力长波，周期数小时至几天，振幅可达数米。通常所谓的风暴潮多指海面异常升高，又称风暴增水。我国的风暴潮多与台风、寒潮有关。

风暴潮过程大体上经历 3 个阶段：初振阶段：由于低气压经过海面，海水被“吸”而升，水面出现先兆性的缓慢上升，历时约 10 余小时；主振阶段：增水急剧加快，持续数小时至 1~2 d，取决于热带风暴的尺度和移动速度；余振阶段：水位下降先快后慢逐渐恢复到正常状态，持续数小时至 2~3 d。

风暴潮若与大潮相遇，水位就会暴涨，甚至海水漫堤溢侵陆地酿成严重灾害。1970 年 11 月 12~13 日在孟加拉湾发生的飓风风暴潮，增水超过 6 m，造成 20 万人死亡，100 余万人流离失所。我国的风暴潮在浙江、福建、广东和广西发生频率较高，沿海主要台站最大增水观测值见表 2-9。

表 2-9 沿海主要港口最大增水观测值（参引《中国海岸带和海涂资源综合调查报告》）

站 名	最大增水值 (m)	站 名	最大增水值 (m)	站 名	最大增水值 (m)
大 连	1.33	吴 淞	3.53	汕 尾	1.55
营 口	1.77	乍 浦	4.34	赤 湾	1.96
葫芦岛	2.05	宁 波	2.51	北津港	2.55
秦皇岛	1.83	温 州	3.88	湛 江	4.56
塘 沽	2.27	沙 埕	2.11	南 渡	5.94
羊角沟	3.55	平 潭	2.47	海 口	2.49
烟 台	1.20	厦 门	1.79	石头埠	2.33
青 岛	1.47	东 山	1.52	北 海	1.61
吕 四	2.50	妈 屿	3.14	白龙尾	1.86

(2) 假潮

在港湾海岸，由于向岸风的长期作用或气压的急剧变化，使岸侧产生增水，与港湾靠海侧的水位发生差异，当引起增水的外因消失后，水面在重力作用下，力图恢复平衡状态，从而产生自由振动，各点水位发生周期性的升降，称为假潮。这种自由振动类似立波，有节点和腹点，腹点水位变化最大，节点水位不变。振动周期约为十几分钟到几小时。最后因摩擦耗损能量而使假潮平息。

3. 潮（水）位特征值

根据潮（水）位观测资料序列，按不同的要求进行统计，可得到一系列特征值，这些特征值在海岸工程不同结构面的高程设计中是重要的设计依据。

(1) 最高（低）潮位——历史上曾经观测到的最高（低）潮位值。

(2) 平均最高（低）潮位——在多年潮位观测资料中，逐年最高（低）潮位的多年平均值。

(3) 平均高(低)潮位——潮位观测资料系列中所有高(低)潮位的平均值。每月两次大潮的高(低)潮位的多年平均值为大潮平均高(低)潮位；每月两次小潮的高(低)潮位的多年平均值，则为小潮平均高(低)潮位。

(4) 平均潮差——平均高潮位与平均低潮位之差。大潮平均高潮位与大潮平均低潮位之差为大潮平均潮差；小潮平均高潮位与小潮平均低潮位之差则为小潮平均潮差。

4. 基准面

海岸工程设计时，都要求对工程水域和部分陆域进行地形测量，标记各测点的高程或深度必须有起算的高程零点或深度零点，码头、防波堤、海堤等海岸工程建筑物设计都要求统一的高程基准，这个假设的起算基准称为高程(或深度)基准(面)。一般在地形测量中，陆地高程和水域深度采用各自的基准面。但是在工程设计中也常把陆域和水域部分采用统一的基准面。各个国家或各个地区一般选取某个永久验潮站的平均海平面作为基准面。欧洲地区以阿姆斯特丹验潮站的多年平均海平面作为高程的基准面；美国以波特兰验潮站的多年平均海平面作为基准面。我国于 1956 年规定青岛验潮站的多年平均海平面作为全国陆地高程测量的基准面，称为“黄海基准面”，以后在进一步验潮观测基础上，又确定“1985 国家高程基准”该高程基准比原 1956 年黄海基准面低 0.083 m。地图上的海拔高度就是从这个基准面起算的，但是沿海各地的平均海平面相对黄海基面存在高程差(见表 2-10)，这就是说，如果某地(以厦门地区为例)以黄海基面为起算高程的地形图上某点高程为 0 m，那么实际上它的高程是在厦门地区平均海平面以下 0.33 m。

表 2-10 中国沿海台站的平均海面(参引《中国海岸带水文》)

海区	站名	平均海平面在黄海基面上的数值(m)	资料年限
北部	秦皇岛	0.05	1950~1979
	塘沽	0.03	1950~1979
	烟台	0.10	1953~1972
	青岛	0	
东部	石臼所	0.04	1960~1972
	吕四	0.02	1979
	芦潮港	0.21	1977~1982
	沙埕	0.31	1956~1982
	厦门	0.33	1960~1982
南部	妈屿	0.38	1978~1981
	舢板洲	0.41	1977~1979
	湛江港	0.44	1960~1980
	石头埠	0.34	1969~1984
	白龙尾	0.44	1969~1984

除“黄海基面”外，在海岸工程中经常使用的基准面还有：

(1) 理论深度基准面(又称“理论最低潮面”)

平均海平面是确定陆地高程的零点，但是，对海洋深度而言，由于潮位的升降，实际海面大约有一半的时间是低于平均海平面。因此，如果以平均海平面作为深度的零点进行海图标深，则实际上约有一半的时间的水深小于海图标深，于航行十分不利。为了保证航海的安全，常采用另一种基准面，使得在绝大部分时间内，实际水深略大于海图上所标明的深度值，这就是深度基准面。关于海图深度基准面的确定，许多国家都不一样，主要有

如下几种：可能最低潮位面，平均大潮低潮面，实测最低潮面等。我国于 1956 年以后统一采用“理论（深度）基准面”作为海图深度基准面，它是用 8 个分潮（ M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , Q_1 ）进行组合，通过计算所得到的理论上潮汐可能达到的最低潮面。

(2) 潮高基准面

潮汐表上预报潮位值的零点称为潮高基准面，它在平均海平面以下，与上述海图深度基准面可能是一致的，也不一定一致。因此，任何时刻某海区某位置的实际水深就等于海图标注深度加上潮高基准面与海图深度基准面之间的差值，再加该海区潮汐表上的预报潮位值。预报潮位值是海面相对于高潮基准面的差值，基准面不同，该值可以不同，它是一个相对值；水深则是海面至海底的高度，它是一个绝对值，与基准面无关。为了计算方便，对一个新的港口或海岸工程建设地点，也可以取潮高基准面与理论深度基准面相一致。

据国家海洋信息中心发布的潮汐表所用的沿海各站潮高基准面在多年平均海面下的数值见表 2-11。

表 2-11 沿海部分台站潮高基准面与多年平均海面关系

台 站	潮高基准面在多年平均海平面下 (cm)	台 站	潮高基准面在多年平均海平面下 (cm)
丹 东	150	宁 波	180
大 连	163	镇 海	207
营 口	200	海 门	290
秦皇岛	91	坎 门	330
塘 沽	241	温 州	296
烟 台	147	马 尾	296
青 岛	239	厦 门	328
连云港	290	东 山	216
余 山	229	汕 头	137
中 浚	225	黄 埔	155
高 桥	197	广 州	134
吴 淞	202	湛 江	220
芦潮港	267	海 口	150
金山嘴	307	东 方	145
绿华山	203	洋 浦	195
沈家门	252	北 海	255
乍 浦	350	白龙尾	282

(3) 当地零点

在我国沿海的一些地区，过去已建成的港口或海岸工程，历史上已经规定过本地区适用的零点，而且所有的工程资料都是以该零点为基准面，通常称之为当地零点。这些地区，在我国未规定全国的统一深度基准面前，常习惯采用当地零点。如大连零点、大沽零点、废黄河零点、吴淞零点、珠江基面、榆林基面等。因此，在这些地区，当要参考使用以往的港口或海岸工程的工程资料或观测资料时，必须弄清其使用哪一个当地零点以及与该地区其他基准面之间的关系，并将各种不同基面的标高换算到同一个基准面上。

基准面与特征潮（水）位的关系见图 2-4。

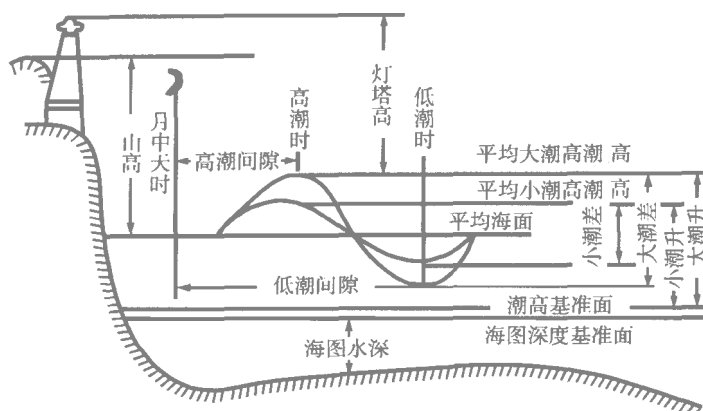


图 2-4 基准面与特征潮位

5. 设计水位及其推算

在海岸工程的设计与施工中设计水位是十分重要的参数，设计水位通常包括：设计高水位、设计低水位；极端（校核）高水位、极端（校核）低水位。不同类型和等级的海岸工程对设计水位有不同的要求。

(1) 设计高、低水位是指海岸工程水工建筑物在正常使用条件下的高、低水位。对于港口码头而言，在设计高、低水位范围内，它应能保证设计中所考虑的各种船舶能安全靠泊与装卸作业，同时还应保证在各种设计荷载条件下，满足码头结构以及地基基础的稳定与强度要求。

海岸港的设计高、低水位，各国所采用的标准并不相同，有的国家采用平均大潮高、低潮位；有的国家则分别采用潮位历时累积频率 1%、98% 的潮位。我国港口工程技术规范《海港水文》中规定：对于海岸港和潮汐作用明显的河口港，设计高水位应采用高潮累积频率 10% 的潮位，简称高潮 10%；设计低水位应采用低潮累积率 90% 的潮位，简称低潮 90%。如已有历时累积频率统计资料，其设计高、低水位也可分别采用历时累积频率 1% 和 98% 的潮位。对于汛期潮汐作用不明显的河口港，设计高、低水位应分别采用多年历时 1% 和 98% 的潮位。

(2) 极端水位是指港口建筑物在非正常工作条件下的高、低水位。这种水位是由于寒潮、台风、低压、地震和海啸所造成的增减水与天文潮组合而成的，其重现期是以几十年来计算。因此，在出现这种水位时，并不要求港口建筑物能正常作用，但却要求码头在无靠船作业时，各种荷载作用下，各部分结构和地基仍有必要的安全度。

我国《海港水文规范》中规定，采用年频率统计的方法推求 50 年一遇的高、低潮位作为极端水位。

(3) 设计高、低水位的推算

从潮位的设计标准和要求可知，进行潮位累积频率统计时，应有多年的实测潮位资料或至少完整的一年逐日每小时的实测潮位资料。设计水位的推算采用两种方法：一是绘制潮位历时累积频率曲线；另一是绘制高潮或低潮累积频率曲线。下面简述两种累积率曲线的绘制方法，并进行比较。

潮位历时累积频率曲线的绘制