



航海海洋气象学

陈维敏 等编著

海军出版社

前 言

航海海洋气象学是研究与航海活动有关的发生在大气和海洋中的气象现象、海洋物理现象及其变化规律的学科。气象现象和海洋物理现象互相作用、互相影响，从航海安全保障的角度，可以把它们看成是一个整体。航海海洋气象是应用气象学的一个分支，也可以说是应用海洋学的一个分支。说到气象条件对航海的影响，其内涵包含了气象因素引起的海洋物理现象的作用，也包含了海洋物理现象对气象变化的作用及所造成的对航海的影响。

航海与气象的关系十分密切，航海的安全与气象条件直接有关，航海事业的需要，特别是军事航海的需要，也有力地促进了气象科学的发展。500多年前我国著名航海家郑和七次下西洋的远航壮举，在帆船时代，是很好地了解和利用海洋气象条件的范例。十三世纪元朝四五千战舰大编队远征日本的失利，是由于遭遇台风袭击而造成的。俄土克里米亚战争中英法联合舰队受到黑海风暴的袭击，几乎全军覆没，巴黎天文台台长勒佛里埃研究了突发风暴原因，绘制出世界上第一张实用天气图。对航海十分有用的白贝罗风压定律，沿用至今的蒲福风级表，大规模的海洋调查，海洋气象监测网的建立，无不与航海活动的需要有关。在军事航海活动中，掌握和利用天气条件，更是指挥员所关心的重要问题。在科学技术高度发达的今天，船舶性能和导航设备日臻完善，气象预测水平的提高，为航海气象保障创造了良好条件。而航海对气象的要求，已不仅仅是安全避险，还要求充分利用海洋气象环境因素提高效益。

滔滔大海，风云突变，迷茫大雾，浮冰涡流，在多数情况下，它们仍然是威胁航海安全的重要因素。航海人员一方面要对航海所必备的基本海洋气象知识有比较好的了解，另一方面要很好利用气象保障业务部门所提供的气象保障服务，以保证舰船的航海安全和顺利地执行任务。

本书是为航海人员学习气象与海洋有关知识而编写的，内容着重于与航海关系密切的知识和实际工作中应用较多的技能。第一章至第六章是航海人员需要了解的气象学和海洋学的基本知识，讲述大气和海洋环境概况，各气象、海洋水文要素及其观测和对航海活动的影响，中国近海和大洋的天气、气候特点，热带气旋的天气特点和活动规律，舰船海上测台风的方法和航行中避开台风的方法。第七章和第八章是航海海洋气象学的重点内容，讲述气象传真图的分析和应用，气象传真机的操作使用和舰船补充天气预报方法及船舶气象定线的内容。第九章和第十章是海流、潮汐和潮流方面的有关知识以及航海上对风生流的计算、潮汐和潮流的计算方法。第十一章是航海海洋水文气象勤务保障，介绍航海海洋水文气象资料的应用，舰船防台风和航海海洋水文气象保障的形式、内容和应用。

本书由陈维敏、邹来东、巴文伦、吴文凤、朱福海集体编写，并经海军司令部航海业务长唐建华和邱晓青审阅。

编 著 者

1989.8.1.

目 录

前 言

| | |
|-----------------------------|--------|
| 第一章 大气和海洋概说 | (1) |
| 第一节 地球大气 | (1) |
| 一、大气的组成..... | (1) |
| 二、大气的垂直分层..... | (2) |
| 第二节 世界海洋形态 | (5) |
| 一、海洋的起源和划分..... | (5) |
| 二、海底地形和底质..... | (7) |
| 三、中国海..... | (11) |
| 第三节 海气相互作用 | (14) |
| 一、对天气气候产生影响的海洋特性..... | (14) |
| 二、不同纬度地区海气相互作用的影响..... | (15) |
| 第二章 海洋水文气象要素 | (17) |
| 第一节 气温、海水温度和湿度 | (17) |
| 一、气温..... | (17) |
| 二、海水温度..... | (21) |
| 三、湿度..... | (25) |
| 四、气温、水温和湿度的应用..... | (28) |
| 五、气温、湿度和水温的观测..... | (30) |
| 第二节 气压 | (34) |
| 一、气压及其水平分布..... | (34) |
| 二、气压随高度的变化与高低压的垂直结构..... | (37) |
| 三、等压面图的概念..... | (39) |
| 四、气压的观测..... | (41) |
| 第三节 云和天气现象 | (42) |
| 一、云..... | (42) |
| 二、大气中的主要光电现象..... | (47) |
| 三、能见度及观测..... | (49) |
| 第四节 海雾 | (50) |
| 一、雾的成因..... | (50) |
| 二、雾的分类及生消规律..... | (51) |
| 三、雾的分布概况..... | (53) |
| 第五节 海冰 | (54) |

| | |
|------------------|--------|
| 一、海冰的形成 | (54) |
| 二、海冰的盐度和密度 | (55) |
| 三、渤海及黄海北部的冰情 | (56) |
| 第六节 海水盐度 | (57) |
| 一、盐度的定义 | (57) |
| 二、影响盐度大小的因素 | (58) |
| 三、海水盐度的分布 | (59) |
| 第七节 海水密度 | (61) |
| 一、海水密度的定义 | (61) |
| 二、海水密度的分布和变化 | (62) |
| 三、密度飞跃层 | (63) |
| 第八节 声波在海水中的传播 | (65) |
| 一、声速和影响声速的因素 | (65) |
| 二、声波在海水中的传播 | (66) |
| 三、水温垂直分布对海水传声的影响 | (67) |
| 四、声道 | (68) |
| 第九节 透明度、水色和海发光 | (69) |
| 一、透明度 | (69) |
| 二、水色 | (69) |
| 三、海发光 | (70) |
| 第三章 风、浪、涌 | (72) |
| 第一节 风 | (72) |
| 一、作用于空气质点的力 | (73) |
| 二、地转风 | (74) |
| 三、梯度风 | (76) |
| 四、地面实际风 | (78) |
| 五、风的日变化和风的阵性 | (79) |
| 六、高空风速和地面风速的计算 | (80) |
| 七、风的观测 | (83) |
| 第二节 风浪和涌浪 | (85) |
| 一、波浪要素 | (86) |
| 二、前进波、驻波、群波 | (87) |
| 三、风浪的形成和发展 | (91) |
| 四、风浪的计算 | (92) |
| 五、涌浪 | (94) |
| 六、浪级表和海况等级表 | (95) |
| 第三节 浅海和近岸的波浪 | (97) |

| | |
|----------------------|---------|
| 一、波浪在浅水区或近岸区的变化 | (97) |
| 二、扑岸浪和碎浪 | (97) |
| 三、海啸和风暴潮 | (99) |
| 第四章 天气学基础 | (101) |
| 第一节 天气图知识 | (101) |
| 一、地面天气图 | (101) |
| 二、高空天气图 | (106) |
| 第二节 气团和锋 | (108) |
| 一、气团 | (108) |
| 二、锋 | (109) |
| 第三节 大气环流 | (115) |
| 一、大气环流概述 | (115) |
| 二、高空槽脊和季风 | (117) |
| 三、海陆风 | (118) |
| 四、中国海区风的概况 | (120) |
| 第四节 西伯利亚高压和寒潮 | (121) |
| 一、西伯利亚高压概况 | (121) |
| 二、西伯利亚高压天气 | (121) |
| 三、寒潮 | (123) |
| 第五节 气旋 | (125) |
| 一、气旋概况 | (125) |
| 二、锋面气旋的形成 | (126) |
| 三、气旋天气 | (127) |
| 四、我国近海的气旋天气特点 | (129) |
| 五、低压槽 | (130) |
| 六、龙卷 | (131) |
| 第六节 西太平洋高压 | (132) |
| 一、西太平洋高压概况 | (132) |
| 二、西太平洋高压天气 | (133) |
| 第七节 热带天气系统 | (135) |
| 一、赤道辐合带 | (135) |
| 二、东风波 | (136) |
| 三、云团 | (136) |
| 第五章 热带气旋 | (137) |
| 第一节 热带气旋概况 | (137) |
| 一、热带气旋的分级和名称 | (137) |
| 二、热带气旋形成的基本条件 | (138) |

| | |
|-----------------------------|---------|
| 三、热带气旋发生的区域和月频率 | (139) |
| 四、热带气旋的范围和强度 | (140) |
| 第二节 热带气旋移动的一般规律 | (141) |
| 一、西北太平洋热带气旋路径 | (142) |
| 二、影响热带气旋移动的因素 | (143) |
| 三、热带气旋的移动速度 | (146) |
| 第三节 热带气旋天气 | (146) |
| 一、台风中气象要素的分布特征 | (146) |
| 二、台风中的海面状况 | (149) |
| 三、台风各部位天气 | (150) |
| 第四节 舰船测台风的方法 | (151) |
| 一、判断航行海区附近有无台风 | (151) |
| 二、判断台风中心所在的方向 | (152) |
| 三、判断台风中心的移动方向 | (156) |
| 四、判断舰船处在台风的哪个部位 | (157) |
| 五、用雷达测定台风的方位和距离 | (159) |
| 第五节 航行中避开台风的方法 | (159) |
| 一、根据经验避台风 | (159) |
| 二、作图法避台风 | (159) |
| 第六章 海洋气候 | (163) |
| 第一节 中国近海各海区海洋气候特征 | (163) |
| 一、中国各海区气候概况 | (163) |
| 二、主要海洋气象要素分布特征 | (165) |
| 第二节 各大洋海洋气候特征 | (171) |
| 一、太平洋 | (171) |
| 二、大西洋 | (174) |
| 三、印度洋 | (178) |
| 第七章 气象报告和气象传真图 | (179) |
| 第一节 气象报告 | (179) |
| 一、气象报告的种类 | (179) |
| 二、阅读气象报告应该注意的事项 | (183) |
| 第二节 气象传真图 | (183) |
| 一、世界气象传真广播台概况 | (184) |
| 二、气象传真图的标题 | (184) |
| 三、部分气象传真图的内容 | (189) |
| 四、卫星云图 | (193) |
| 第三节 传真接收机 | (195) |

| | |
|-------------------------------|----------------|
| 一、传真的基本原理 | (195) |
| 二、CZ-80II型气象传真接收机 | (197) |
| 三、117型气象传真接收机 | (201) |
| 四、117-A型传真接收机 | (205) |
| 第八章 舰船补充预报与气象定线 | (209) |
| 第一节 补充天气预报的方法和步骤 | (209) |
| 一、资料收集 | (209) |
| 二、分析天气形势 | (210) |
| 三、舰船观测资料的应用 | (211) |
| 四、补充订正海洋天气预报 | (212) |
| 五、保障建议 | (213) |
| 第二节 大风和海雾的预报 | (213) |
| 一、地面大风的预报 | (214) |
| 二、海雾预报 | (218) |
| 第三节 天气预报用语 | (222) |
| 一、时间用语 | (222) |
| 二、天空状况用语 | (223) |
| 三、风向风力用语 | (223) |
| 四、降水用语 | (223) |
| 五、海面状况用语 | (224) |
| 第四节 补充天气预报举例 | (224) |
| 一、资料收集 | (224) |
| 二、气象预报和气象传真图的分析 | (226) |
| 三、进行补充订正预报 | (231) |
| 四、根据气象条件对航行的建议 | (231) |
| 五、对整个天气过程的了解 | (231) |
| 第五节 船舶气象定线 | (242) |
| 一、船舶气象定线概况 | (242) |
| 二、船舶气象定线的基本原理 | (244) |
| 三、船舶气象定线的基本步骤 | (247) |
| 四、船舶自行定线 | (248) |
| 第九章 海流 | (250) |
| 第一节 海流的分类和性质 | (250) |
| 一、按海流的成因分类 | (250) |
| 二、按海流的物理性质分类 | (251) |
| 三、按对航海的影响分类 | (251) |
| 四、海流的性质 | (251) |

| | |
|--------------------------------|---------|
| 第二节 海流图介绍 | (252) |
| 一、海流流线图 | (252) |
| 二、海流频率图 | (252) |
| 三、传真海流图 | (253) |
| 第三节 风生流 | (254) |
| 一、大洋风生流 | (254) |
| 二、浅海风生流 | (255) |
| 第四节 大洋环流和我国近海海流 | (258) |
| 一、大洋表面环流 | (258) |
| 二、中国海的海流 | (261) |
| 第十章 潮汐和潮流 | (264) |
| 第一节 潮汐现象 | (264) |
| 一、潮汐名词解释 | (264) |
| 二、潮汐类型 | (265) |
| 第二节 潮汐成因 | (266) |
| 一、月球绕地球的运动 | (266) |
| 二、引潮力 | (267) |
| 三、引潮力公式的分析 | (269) |
| 四、平衡潮理论简介 | (272) |
| 第三节 潮汐的变化规律 | (272) |
| 一、潮汐的日变化 | (273) |
| 二、潮汐的月变化 | (275) |
| 第四节 潮波运动 | (276) |
| 一、主要分潮潮波概述 | (276) |
| 二、潮波的传播 | (278) |
| 三、潮波中水质点的运动 | (279) |
| 四、潮流 | (281) |
| 第五节 中国海区和世界大洋潮汐潮流概况 | (282) |
| 一、中国海区潮汐概况 | (282) |
| 二、中国海区潮流概况 | (286) |
| 三、世界大洋潮汐概况 | (286) |
| 第六节 潮汐潮流计算 | (287) |
| 一、潮汐计算 | (287) |
| 二、潮流计算 | (295) |
| 第十一章 航海海洋水文气象勤务保障 | (304) |
| 第一节 航海海洋水文气象保障工作 | (304) |
| 一、航海海洋水文气象预报服务 | (304) |

| | |
|------------------------|---------|
| 二、气象预报保障形式 | (305) |
| 三、气象预报保障内容 | (309) |
| 四、海洋水文气象预报的使用 | (311) |
| 第二节 舰船防台风 | (312) |
| 一、防台风的等级规定 | (313) |
| 二、防台风的准备工作 | (314) |
| 三、防台风措施 | (314) |
| 第三节 航海海洋水文气象资料保障 | (316) |
| 一、航海海洋水文气象资料图集介绍 | (316) |
| 二、航海海洋水文气象研究方法 | (317) |
| 三、海洋水文气象特征表编制举例 | (319) |

第一章 大气和海洋概说

航海海洋气象学研究的内容主要是与航海活动有关的海洋、气象现象及其变化规律，而海洋气象学则是研究大气现象与海洋现象之间的相互关系和相互作用的学科。要研究航海海洋气象，首先需要了解和掌握大气和海洋的基本情况，以及它们之间的相互关系和相互影响的过程。下面介绍大气和海洋的基本情况及其之间的关系。

第一节 地球大气

包围着地球的空气称为大气。大气的总质量为 5.136×10^{18} 千克，相当于地球质量的百万分之一。在地球大气中，存在着蒸发、凝结、辐射等各种不同的物理过程以及风、云、降水等各种不同的物理现象，而这些过程与现象的发生、发展又表现为多样的天气变化，且都与大气本身密切相关。

一、大气的组成

大气主要是由多种气体混合组成的，此外还包含水汽以及悬浮着的固体、液体的杂质。

(一) 干空气

大气中除水汽以外的其他气体称为干空气，它的主要成分是氮、氧、氩、二氧化碳，此外还有少量的氢、氦、氖、氙、臭氧等稀有气体。

探测和分析结果得到了干空气中主要气体成分占空气总容积的百分数以及干空气主要成分随高度变化的规律，如表1-1和表1-2所示。

表 1-1 干空气中主要气体的百分数

| 主要气体 | 氮 | 氧 | 氩 | 二氧化碳 | 氢、氦、氖、氙、臭氧等 |
|------|-------|-------|------|------|-------------|
| 百分数 | 78.09 | 20.95 | 0.93 | 0.03 | <0.01 |

表 1-2 干空气随高度变化的规律

| 高度 (公里) | 0~100 | 100~320 | 320~1000 | 1000~2500 | >2500 |
|---------|----------|---------|----------------|-----------|-------|
| 主要成分 | 主要成分比例不变 | 分子为主 | 原子占主要成分 (氧原子等) | 氩原子 | 氦原子 |

(二) 水汽

大气中的水汽没有固定的含量，随着时间、地点和气象条件的不同而有较大的变化，它占空气总容积的百分比在0~4之间变化。实际上空气不是干的，其中总含有水汽，当空气中含有水汽时，主要气体含量的百分比略有变化。

水汽是从江、河、湖、海及潮湿物体表面的水蒸发而来。在一般情况下，大气中的水汽含量随高度的增高而减少，一般在1500米处水汽含量只有近地面的一半；在5000米处，约为地面的十分之一；在10000米处减为地面的百分之一。由此可知，在一万米以上的高空，水汽含量通常是很小的。另外，水汽含量不仅随高度减小，而且还随季节和纬度而变化：夏季水汽含量比冬季多，低纬水汽比高纬水汽含量大。虽然大气中的水汽含量不多，但是它可以转变为水滴和冰晶，导致云、雾、雨、雪等天气现象的产生。此外，水汽能强烈地吸收和放射长波辐射，它对地面和空气的温度也有一定的影响。因此，水汽是大气中最重要的成分之一。

水汽的重要性还表现在它产生的循环过程上。由于地球表面吸收太阳辐射能以后，有一部分热能用于蒸发，蒸发出的水汽随着大气环流输送到各个地区，在运行中通过各种物理过程又以降水的形式重返地面。这就产生了水相变换的循环过程，这种过程称为水分循环。

水分循环对全球的天气和气候变化都是十分重要的。据估计，在地球上大气中的水汽含量如全部成为降水，则相当于25毫米，而全球的平均年降水量约为1000毫米。如果不存在水分循环，则大气中的水汽仅能维持10天左右的降水。在有水分循环的情况下，表明大气中的水汽在一年中平均要循环40次，也就是每9天左右要循环一次。由此可知，大气中水汽的循环是相当频繁的，再有水汽在循环过程中还伴随着潜热的释放和吸收，所以它对天气的变化是有重大影响的。

(三) 杂质

大气中除了干空气和水汽外，还存在着许多固体和液体微粒，这些悬浮在大气中的各式各样的固体和液体微粒，如烟粒、尘埃、盐粒、水滴等，它们统称为杂质。其中，固体杂质是水汽凝结的核心，对云、雾、雨、雪的形成起着重要的作用。大量杂质聚集在一起时，就会出现风沙、烟尘、雾等天气现象，使能见度变坏。杂质还能吸收一部分太阳辐射和阻挡地面放热，对地面和空气的温度也有一定的影响。

二、大气的垂直分层

不同的高度，大气有着不同的物理属性和化学属性，因此需要按一定特点将大气分成层次，帮助我们分别研究这些现象。世界气象组织在1962年根据中纬度气温垂直分布的平均情况，将大气分为四层：对流层、平流层、中间层和热层（见图1-1）。

(一) 对流层

靠近地面的大气层，叫作对流层。对流层的顶部，叫作对流层顶。它的高度随纬度和季节而变化，在高纬度地区平均距离地面为8~9公里，中纬度地区平均为10~12公里，低纬度地区平均为17~18公里。夏季对流层的厚度比冬季大。对流层的平均厚度约从地面

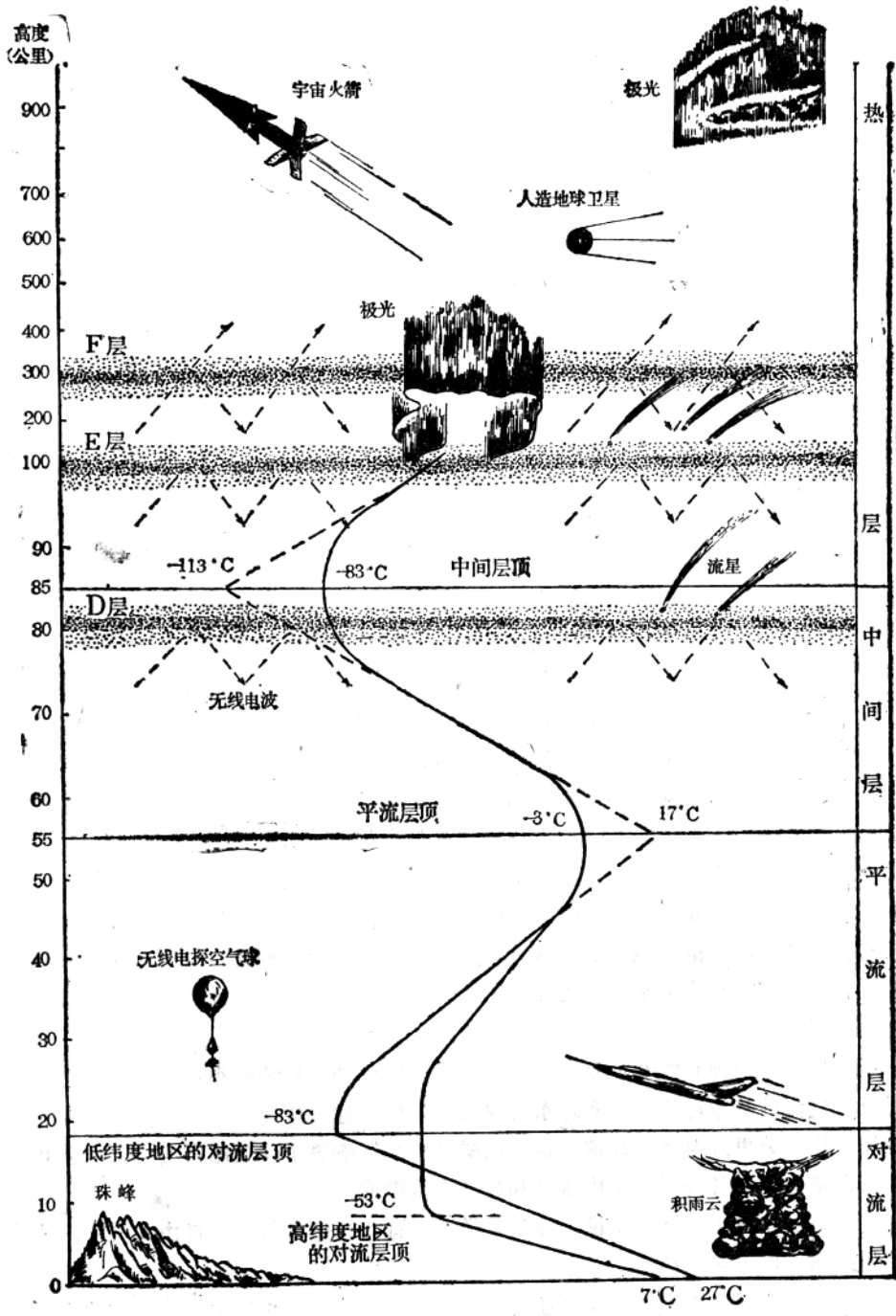


图 1-1 大气垂直分层示意图

到10~12公里的高空。

对流层的厚度与整个大气层比较，虽然很浅薄，但是由于地球引力的作用，使大气质量的五分之四和几乎全部的水汽都集中在这一层。主要的天气现象如雷、电、风、云、雨、雪等，都出现在这一层，所以对流层与人类的生产活动、军事活动的关系最为密切，是气象学研究的重点层次。

对流层有三个主要特征：

1. 气温随高度的增加而降低。这是因为大气很少能直接吸收太阳的短波辐射，但到达地面的太阳短波辐射却能被地面吸收，使地面增温，地面再以长波辐射的方式放出热量，传给大气。大气主要是依靠吸收地面的长波辐射而增热，因此，靠近地面的空气受热多，气温高，远离地面的空气受热少，气温低。对流层顶的气温，在低纬区约为 -83°C ，高纬区约为 -53°C ，即高度每升高100米气温平均降低约 0.65°C 。高度每升高100米气温降低的数值，叫作“气温垂直递减率”，简称“气温直减率”。在对流层内，气温直减率是随着高度、时间和地区而变化的。

对流层中，在某些情况下，有时也会出现气温随高度的增加而升高的现象，这种现象称为“逆温”。出现逆温的大气层，叫作逆温层，它能够阻碍空气垂直运动的发展，对天气有一定的影响。

2. 空气有明显的对流运动。由于对流运动使上下层空气发生混合交换，近地面的热量、水汽和杂质等，易于向上空输送，这对成云致雨有重要的作用。

3. 温度和湿度沿水平方向分布不均匀。由于自然地理条件的差异，从整个地球表面来看，温度和湿度的水平分布是不均匀的，但是从某些局部——例如终年被冰雪覆盖的两极地区、大平原、大沙漠以及广阔的洋面来看，又是比较均匀的。这种温度和湿度沿水平分布从全局看的不均匀性和从局部看的比较均匀性，是使天气发生变化的重要原因之一。

另外，观测表明：对流层内的空气密度和气压是按指数规律随高度升高而减小的；风速是随高度的增高而加大，到对流层上界附近达最大值。

在对流层内，按天气现象的变化特征，又可分为三层。

下层（摩擦层）指从地面到600~800米（有的规定为1000~1500米）高度的这一层。该层因受地面状况的影响很大，各种气象要素有显著的日变化，空气的对流和乱流运动很强，再加上这一层中的水汽较为充沛，尘埃含量多，所以，雾和低云等天气现象常常出现在这一层。

中层 从摩擦层顶到约6公里高度的这一层，因受地面影响较小，气流状况可以代表整个对流层气流的基本趋势。云和降水现象大都发生在这一层内。

上层 从6公里到对流层顶部。这一层受地面的影响更小，气温常年都是在 0°C 以下，水汽含量也少，各种云都是由冰晶和过冷水滴组成。

中层和上层相对于摩擦层来说，在气象学上又称为自由大气。在自由大气中，地球表面摩擦的影响可以忽略不计。

再有，在对流层和平流层之间，还有一个过渡层，称为对流层顶，其厚度约为几百米到1~2公里，特点是气温随高度的升高降低很少，甚至还出现升高的现象。它对垂直运

动有很大的阻挡作用，因此，常迫使浓厚的积雨云顶部在这里平展为砧状，并使水汽物、尘埃等聚集于其下，是高空能见度比较差的层次。

(二) 平流层

从对流层顶到55公里左右是平流层。平流层下半部的温度随高度变化很小，到25公里以上，臭氧含量逐渐增加，臭氧能直接吸收太阳的短波辐射，因此气温随高度的增高而显著升高。平流层顶的气温约在 $-3\sim 17^{\circ}\text{C}$ 之间。由于这种逆温的存在，使平流层大气很稳定，呈现出明显的成层结构，大气的垂直运动很弱，多为平流运动并且尺度很大。再有这一层的水汽含量很少，几乎没有在对流层中经常出现的各种天气现象，仅在高纬地区20多公里高空早、晚有不常见的贝母云出现。此外，由于空气中尘埃很少，大气的透明度很高。

(三) 中间层

从平流层顶到85公里左右是中间层。这层的特点是：气温随高度的增高而迅速下降，在中间层的顶部，气温在 $-83\sim -113^{\circ}\text{C}$ 之间，可以认为是大气中最低的温度。在这一层中，空气有相当强烈的垂直运动。另外，在80公里高度上有一个只在白天出现的电离层，叫作D层。在D层中，空气处于电离状态，能够反射无线电波。

(四) 热层

在85公里以上为热层。这一层中，温度随高度的增高而迅速升高。根据人造卫星的观测，在300公里高度上，气温高达 1000°C 以上。热层没有明显的顶部，通常认为温度从增温转为等温时，即为热层顶。

在热层中还有两层很强的电离层E层和F层，它们在反射无线电波上起主要作用。

热层的空气密度已十分稀薄，约为近地面的百亿分之一，整层的大气质量只占大气总质量的0.5%，其顶界没有一个明确的分界线，是地球大气层和星际空间的过渡层。

第二节 世界海洋形态

地球是一个巨大的椭球体，表面高低不平，被海水淹没的部分是海洋，高出水面的部分是陆地。地球表面的总面积为51000万平方公里，其中海洋面积为36100万平方公里，占地表总面积的70.8%；陆地面积为14900万平方公里，占地表总面积的29.2%。地球上有着浩瀚的海洋，它不仅对生命的起源和人类的活动具有重大的意义，而且对全球天气气候的产生、变化也有极其重要的意义。

一、海洋的起源和划分

(一) 海水的来历

地球上的水圈主要由海水组成。地壳表面总水量为13.49亿立方公里。在地球的总水量中，海水占97.2%，其余的水存在于极地冰盖和冰川，地表的湖泊、内海、河流和地下。这些水并不全是淡水。与地球上的总水量相比，存在于冰盖和冰川中的淡水占2.15%，

地表淡水占0.017%，地下淡水占0.625%。可见地球上的可利用淡水，其总量是很少的。

地球上的水，在海洋、大气和陆地之间循环不息。如果把地球上的水折合成液态水平均分配在地球表面，海水的当量深度为2700~2800米，大气中水汽的当量深度只有3厘米。因此，水圈来源的问题，主要是指海水的来源。

最初，地球表面是凹凸不平的，并没有现在如此浩瀚的海水，当时地球上的水绝大部分是以岩石中结晶水的形式存在于地球内部，而随着地球的演化，这些内部的水就逐渐聚集于地表上。因此，从根本上来说，海水是来自地球内部，来自地下的岩石。但是海水在表面上来说它又是从大气中水汽凝结而来。这是由于地球在演化过程中，地球内部的放射性物质进行裂变，放出热能，使地壳增温，于是地球内部就产生越来越多的水汽。这些具有高温的水汽，通过岩浆活动或火山爆发，又跑到地球的外部，变成汽态水，出现在大气中，并且以雨雪等形式最后降落到地球表面上来，汇聚成原始的水圈。

由于地球上的大气是不多的，它能容纳的水汽就更少了。因此，海水水量的增多应该还有一个逐渐积累的过程。据估计，原始海洋中的海水约为目前海水的十分之一。那么，现在地球上这样多的海水，无疑就是自地球形成以来，经过十几甚至几十亿年的逐渐积累而成的。原始的海水，只是略带咸味的。后来盐分的增加主要来源于三个方面：一是基岩的溶解提供给海水的盐分；二是海底火山的喷发活动不断增加海水中的氯化物和硫酸盐的含量；三是陆地上大量的火成岩和矿物质风化、侵蚀、溶解后由河流输送到海洋里。所以，现在海水不但多，而且是咸水，平均盐度可达35%，这也是逐渐积累造成的。在这里再强调指出：一方面因地表上河水最后的归宿是大海，而河水流经陆地时总带有一定量的盐分；另一方面，大面积的海水的去路是蒸发，而蒸发出去的总是淡水。这就是地球表面的水在太阳辐射和地球重力的作用下，形成的水分循环。水在循环过程中，不断形成降水，进而形成径流、冰川、地下水等，它们在流动过程中所产生的动能，不断改造地表，并把破坏的产物以各种方式搬运到大海等低洼地区再堆积起来，因此对地壳表层化学元素起着迁移、分化和富集作用。这就是海水逐渐变咸的根本原因。

（二）海洋的划分

地球上的海洋水域，根据海洋要素特点及形态特征，可分为主要部分及附属部分。主要部分为洋，附属部分是洋的边缘部分，称为海、海湾和海峡。

1. 洋

海洋的主体部分称为洋。洋的面积广阔，约占海洋总面积的89%；深度大，一般在二三千米以上。大洋中，水文要素如盐度、水温等，不受大陆影响，且年变化小；水色高，透明度大；有各自的潮波系统和强大的海流系统。海底沉积物多为深海特有的钙质软泥、硅质软泥和红粘土。各大洋间的水域互相相通，海水不停地交流着。地球上有太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋四个大洋。各大洋的面积和平均深度见表1-3。

2. 海

海是大洋与陆地相连的部分，是大洋的附属部分。海的面积比洋小得多，约占海洋总面积的11%，深度较浅，水温受大陆影响很大，有显著的季节变化。在有大量河水流入的海区，盐度较小，一般在32%以下，海的水色低、透明度小，潮波一般都由大洋传来，但

表 1-3

各大洋面积和深度

| 名 称 | 面 积 | | 深 度 (米) | | 备 注 |
|-----------|---------------------------------|------|---------|-------|--------------|
| | 10 ³ km ² | % | 平 均 | 最 大 | |
| 太平洋(不包括海) | 165246 | 45.8 | 4282 | 11500 | 有的资料上为10924米 |
| 大西洋(不包括海) | 82442 | 22.8 | 3925 | 9219 | |
| 印度洋(不包括海) | 73443 | 20.3 | 3863 | 7450 | |
| 北冰洋(不包括海) | 5035 | 1.4 | 2179 | 5220 | |

潮汐涨落比大洋显著。海流有自己的环流形式，季节变化明显。海底沉积物多是从陆地来的沙、泥沙等。按海的自然形态，可分为内海和陆缘海两类。深入陆地的海称为内海，如我国的渤海、欧洲的地中海等；被一些岛屿同大洋相隔，海水可与大洋自由沟通的称为陆缘海，如黄海、东海、南海、日本海等。

3. 海湾

海湾是洋或海延伸入大陆的一部分水域，它大部分被陆地包围，仅有一面通向海或洋，且水深靠近大陆逐渐减小。海湾中的海水与邻近的海或洋可以自由沟通，所以水文特性一般也与其相似。海湾中潮差都比较大，这显然和水域较窄以及水深逐渐变小有关，如我国杭州湾（澉浦）潮差为8.9米，朝鲜金华湾（仁川）潮差为12米，加拿大东岸的芬地湾潮差达18米。海湾的大小差别很大，大的如孟加拉湾，小的如大连湾、胶州湾和北部湾等。

4. 海峡

沟通两个海或海与洋，宽度较窄的水道称为海峡，如台湾海峡沟通东海和南海，巴士海峡沟通南海和太平洋。海峡中一般水流较急，尤其是潮流的流速大，多漩涡，底质多为岩石或砂砾，细小的沉积物很少。海流有的由上、下层流入或流出，如直布罗陀海峡和波斯普鲁斯海峡；有的由左、右侧流入或流出，如渤海海峡。因此，海水的温度、密度在水平及垂直方向上的变化都比较大。主要海峡是国际航行的通道。世界大洋重要海峡见表1-4。

二、海底地形和底质

海底地形是指海底的高低起伏情况，也可以说是海区的水深情况。底质是指海床沉积物的状态和性质。

海底地形和陆地上的地形很相似，起伏变化是相当复杂的。海底地形主要是在地球的各种内动力地质作用下塑造成的。地壳的升降、褶皱、断裂、地震和火山活动等对海底地形都会发生影响。因此，海底也有高原、平地、山岭和深谷等。根据地质成因、地貌特点和水深等因素，海底大致可分成大陆边缘、大洋盆地和大洋中脊三个部分（见图1-2），其面积如表1-5。

表 1-4

世界大洋重要航行海峡

| 海峡名称 | 连接海洋 | 长度 (公里) | 宽度 (公里) | 深度 (米) |
|--------------|------------------|------------|------------|-----------|
| 对马海峡 | 日本海—黄海 | 222 | 41.6(最窄) | 131(最深) |
| 朝鲜海峡(秋义) | 日本海—黄海 | | 50 | 210 |
| 济州海峡 | 黄海—朝鲜海峡 | | 100 | |
| 关门海峡 | 对马海峡—濑户内海 | | | |
| 津轻海峡(拉彼鲁兹海峡) | 日本海—太平洋 | | 18(最窄) | 133—449 |
| 宗谷海峡 | 日本海—鄂霍次克海 | | 45 | 60—67 |
| 渤海海峡 | 黄海—渤海 | | 105.6 | 72(最深) |
| 台湾海峡 | 东海—南海 | 300多 | 130(最窄) | 80(平均) |
| 巴士海峡 | 南海—太平洋 | | 370 | 2000—5126 |
| 马六甲海峡 | 南海—印度洋安达曼海 | 1080 | 37—370 | 20—113 |
| 新加坡海峡 | 南海—马六甲海峡 | 110 | 4.6—21 | |
| 巴斯海峡 | 塔斯曼—印度洋 | 300 | 128—240 | 70 |
| 霍尔木兹海峡 | 波斯湾—印度洋阿曼湾 | 150 | 64—97 | 70(平均) |
| 直布罗陀海峡 | 地中海—大西洋 | 90 | 12—43 | 375(平均) |
| 突尼斯海峡 | 地中海之间 | | 160 | 600 |
| 达达尼尔海峡 | 爱琴海—马尔马拉海 | 65 | 1.3—7.5 | 57—70 |
| 博斯普鲁斯海峡 | 马尔马拉海—黑海 | 29 | 0.4—0.73 | 27.5—80 |
| 多佛尔海峡 | 英吉利海峡—北海 | 600 | 33(最窄) | 24—64 |
| 圣乔治海峡 | 爱尔兰海—大西洋 | | 74 | 55—65 |
| 白令海峡 | 北冰洋的楚科奇海—太平洋的白令海 | | 35—86 | 42—52.1 |
| 哈德逊海峡 | 哈德逊湾—大西洋 | 800 | 100—200 | |
| 佛罗里达海峡 | 墨西哥湾—大西洋 | 480 | 80—240 | 500—1490 |
| 麦哲伦海峡 | 大西洋—太平洋 | 580 | 48 | 20—1170 |
| 德雷克海峡 | 太平洋—大西洋 | 300 | 900—950 | |

1. 海岸带

海岸带是海陆之间的界限，当海水升高时便被淹没，水位降低时便露出的海陆互相交替的地带。

海岸带不是固定不变的。当海岸被海洋因素——扑岸浪、海流等所冲刷破坏，或者当海流、河流带来的冲积物堆积起来时，或者地壳的升降运动等，海岸带将发生不断的变动。通常一个国家的海岸线是指平均低潮时候海陆的分界线。

因为海岸带不是固定不变的，所以海港、码头和其他国防工程建设都要预先掌握海岸带和海岸沉积物移动的趋向。对航海人员来说，了解不同海区、不同的海岸地形，海岸线变化的情况，对保证航海安全和军事活动是有益的。