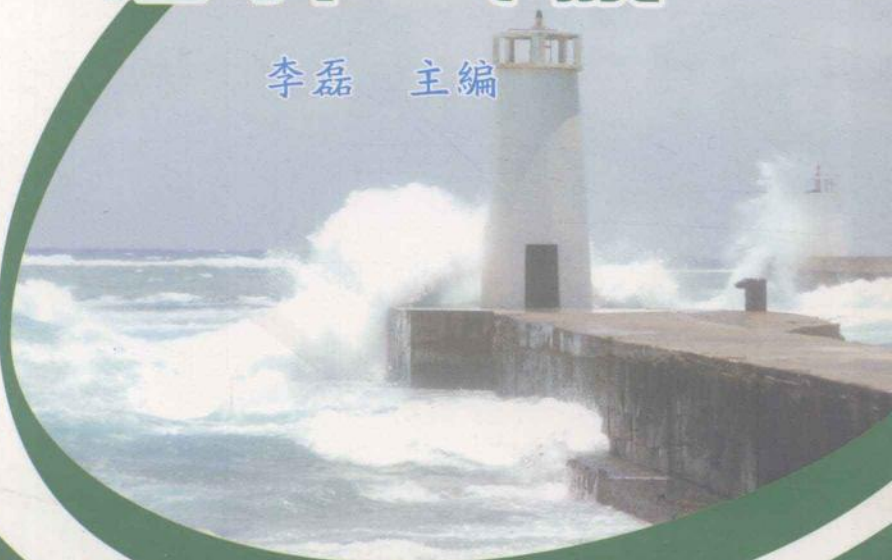


渔业船舶安全生产丛书

海洋气象

李磊 主編



广东人民出版社
花城出版社

渔业船舶安全生产丛书

海洋气象

李 磊 主编

广东人民出版社
花城出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

海洋气象 / 李磊主编. -- 广州 : 花城出版社,
2011.5

(渔业船舶安全生产丛书 / 李磊主编)

ISBN 978-7-5360-6244-3

I. ①海… II. ①李… III. ①海洋气象 IV.
①P732

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第073896号

责任编辑: 曹玛丽

技术编辑: 薛伟民 凌春梅

校 对: 熊干辉

封面设计: 吴连洲

出版发行 花城出版社

(广州市环市东路水荫路11号)

经 销 全国新华书店

印 刷 广州市四维印刷有限公司

(广州市海珠区新业路111号之二)

开 本 880 毫米×1230 毫米 32 开

印 张 5.875

字 数 90,000 字

版 次 2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

印 数 1—10,000 册

定 价 10.00 元

如发现印装质量问题, 请直接与印刷厂联系调换。

购书热线: 020-37604658 37602954

欢迎登陆花城出版社网站: <http://www.fcph.com.cn>

《渔业船舶安全生产丛书》编委会

主 编：李 磊

编 委：李建设 文 斌 洪伟东 白 桦 郑增豪
李 萍 陈镜亮 刘思远 杨志仁 陈 文
周厚诚 于培松 王华接 罗蒲清 陈世钦
梁章福 余 敏 周宁平 熊干辉 蔡 辉
张晓霖 陈 铭 吴贞珍 方 琼

前 言

广东是海洋经济大省，也是海洋渔业大省，但同时又是海洋灾害频发的省份。平均每年登陆和影响南粤大地的热带风暴有七八个，近二十余年来，在省内登陆超过 55m/s 风速的台风有三个。2008 年的“黑格比”造成三千余艘渔业船舶损坏和沉没。“9615”号台风在湛江登陆，造成三百余人死亡与失踪，经济损失三百多亿元。

我省拥有 42 万平方公里的海域面积，4114 公里海岸线，在这漫长的海岸线上分布有 135 个渔港。粤东、粤西海域都是较有名气的涌浪区。每年 11 月至次年 2 月属东北季风强盛期，当寒潮来临，受台湾海峡狭管效应影响，海峡西口阵风最大可达 11 级，浪高达 $7 \sim 9$ 米，给海洋捕捞渔业生产安全造成巨大威胁。仅举 2010 年为例，死亡与失踪渔民 94 人，其中因碰撞事故 26 人，海洋气象恶化、浪损沉船 68 人。渔民生命财产受到了极大的威胁。

南海海域辽阔，风大、浪高、涌急。随着海洋资源的不断退化，我省海洋捕捞业渔民群众已属弱势群体中的弱势。捕捞业的公司化、互助合作化程度很低，渔船小、旧、残、损的问题一时无法解决，渔业装备得不到及时更新。独门独户的生产经营模式，难以抵御风险灾害。

根据南海风大浪高、台风频发、海洋灾害易造成渔船翻沉事故的情况，及渔船事故多发生在冬季，而多数原因具有在大风浪天气中，渔船操纵不得当、装载不合理、不注意避浪航行等特点，我们编写了《海洋气象》一书，免费赠送渔民群众阅读，以提高渔业群体综合素质，提高其自我防御和抗灾难的能力，从而将当前高发的海洋渔业船舶不安全事故有效的降下来，减少渔民群众的生命财产损失。

考虑到我省渔民群众的贫困、普遍受教育程度不高等特点，我们

在编写此书时，尽可能的采用通俗的语言、简练的文字、便于理解和记忆的方法，将海洋气象常识性的知识传授给渔民兄弟，以提高其能正确应对风云突变的海洋灾害性天气的能力。本书避免使用高深的理论、复杂的公式及各种名词的英文单词注译，目的就是力所能及地将本书的理论编写得通俗易懂，以便于渔民群众尽快掌握，以应对随时可能发生的各类海洋灾害性天气。

目前我们已完成《渔业船舶安全生产丛书》的《船舶避碰》和《海洋气象》两册的编撰工作，后续将展开该丛书的《船舶操纵》、《应急管理》、《船机渔机》、《渔船检验》、《自救互救》和《执法守法》等分册的编撰工作。希望我们的工作能在维护渔区稳定、挽救渔民兄弟生命财产中起到一定的作用。本书既可作为本行业内部，渔船船长和职务船员的培训教材使用，也可用于渔民群众平时自学，以提高其生产、生活技能。

如果此书能帮助渔民兄弟提高抵御海洋灾害的能力，减少海难事故的发生率和引起社会对海洋渔业弱势群体的关注，我们的努力才算达到了目的。

李 磊
2011年1月

目 录

第一章 大气与海洋概况	1
第一节 大气概况	1
第二节 海洋概况	6
第二章 海洋水文气象要素	17
第一节 气 温	17
第二节 气 压	22
第三节 大气湿度	25
第四节 云	29
第五节 降 水	32
第六节 雾	34
第七节 能见度	43
第八节 海水温度、盐度和密度	44
第三章 风 浪 涌 流	52
第一节 空气的水平运动——风	52
第二节 风浪和涌浪	55
第三节 海 流	64
第四章 天气学基础	77
第一节 天气图知识	77
第二节 气团和锋	95
第三节 冷高压和寒潮	104
第四节 大气环流	110

第五章 热带气旋及避风操纵	128
第一节 热带气旋概况	128
第二节 热带气旋移动的一般规律	134
第三节 热带气旋天气	141
第四节 船舶测算热带气旋的方法	147
第五节 航行中避离台风的方法	157
第六章 潮汐和潮流	160
第一节 潮汐现象	160
第二节 潮汐成因	162
第三节 潮汐的变化规律	170
第四节 中国海区和世界大洋潮汐潮流概况	174
参考文献	179

第一章 大气与海洋概况

第一节 大气概况

一、大气的成分

大气是一种特定的气体，即具有不同物理性质的气体及悬浮其中的不等量固态和液态小颗粒组成。环绕地球表面的整个空气层称为大气层，简称为大气。大气的总质量为 5.3×10^{21} g，约为地球质量的百万分之一，是地球“水圈”质量的 $1/250$ 。在标准情况下，地面附近干空气密度的数值为 1293 g/cm^3 。大气是由多种气体混合组成的。此外，还包含一些悬浮的固体和液体杂质。我们通常把大气的组成为三部分。

(一) 干洁空气

大气中除了水汽、液体和固体杂质以外的整个混合气体，称干洁空气，它是组成大气的主要部分。在大气中下层中，其组成的比例几乎不变。干洁空气组成为主要成分、微量成分和恒量成分三种。主要成分，其浓度在 1% 以上，它们是氮 (N_2)、氧 (O_2)、氩 (Ar)，三者之和为 99.97%；微量成分浓度在 $1 \text{ ppm} \sim 1\%$ 之间，包括二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、氦 (He)、氖 (Ne)、氪 (Kr) 等干空气成分；恒量成分其浓度在 1 ppm 以下，主要有氢 (H_2)、臭氧 (O_3)、氙 (Xe)、一氧化氮 (NO)、一氧化二氮 (N_2O)、二氧化氮 (NO_2)、氨气 (NH_3)、二氧化硫 (SO_2)、一氧化碳 (CO) 等。

表 1—1 干洁大气的成分百分比

气体成分	容积比	质量比
氮	78.09%	75.52%
氧	20.95%	23.15%
氩	0.93%	1.28%
二氧化碳	0.03%	0.05%
氢、臭氧、氖、氦、氪、氙、氨等	< 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)	氮原子	氢原子

大气中的某些气体含量虽少，但对气候变化影响很大。如二氧化碳，虽然对太阳辐射吸收很少，但它能强烈的吸收地面的长波辐射，对阻止近地层热量的散逸起着一定的作用（即温室效应）。因此，如果大气中的二氧化碳成分增加，近地层的平均温度就会上升，而全球气候的变暖将直接影响到人类的生存环境，因此对全球气候变化及其可能产生的影响的研究目前成为各国气象工作者重点研究的课题。大气中还有一种气体叫臭氧，它含量极少，主要分布在 10 ~ 50Km 高度的平流层大气中，极大值出现在 20 ~ 30 公里高度之间。它能强烈吸收紫外线，保护了地球上的生命，同时使平流层大气增温，对平流层的温度场和大气环流起着决定性作用，所以它是大气中最重要的微量成份之一。

（二）水汽

水汽在大气中所占的比例很小，仅占 0.1% ~ 3%，却是大气中最活跃的成分。水汽主要来自海洋表面的蒸发，其次是潮湿陆面的蒸发及植物的蒸腾。它有以下几大特点：①是大气中含量变化最大的气体，随时间、地点、条件的不同有较大的变化；②随高度的增加迅速减少，绝大部分水汽集中于大气低层，例如：有一半水汽集中在 2km 以下，75% 的水汽集中在 4km 以下，10 ~ 12km 高度以下的水汽约占全部水汽总量的 99%。观测证明，在 1.5 ~ 2km 处水汽含量只有近地面的 1/10；③是在常温下唯一能发生相变的气体；④在天气变化中起重要作用。它能成云致雾，造成雷雨大风，低劣能见度。水汽凝结时释放出的潜热是台风等海上风暴系统发展的主要能量来源。可以说，没有水汽，几乎就没有天气现象发生。

通常称不含水汽的空气为干空气，称含有水汽的空气为湿空气。

（三）大气杂质

大气中悬浮着的许多固体和液体的微粒，如烟粒、尘埃、盐粒、

水滴和冰晶等统称为大气杂质，又称大气气溶胶粒子。

杂质多集中在大气的低层，它不仅会使能见度变坏，影响船舶航行，而且是水汽凝结的核心（称为凝结核），对云、雾、雨、雪的形成起着重要的作用。大气杂质还有削弱太阳辐射、阻挡地面辐射、保持地面温度的作用。

二、大气的垂直结构

大气是地球周围包围着的一层空气，大气密度随着距地面高度的增加呈指数下降，其向星际空间过渡无明确的上界，一般将大气上界

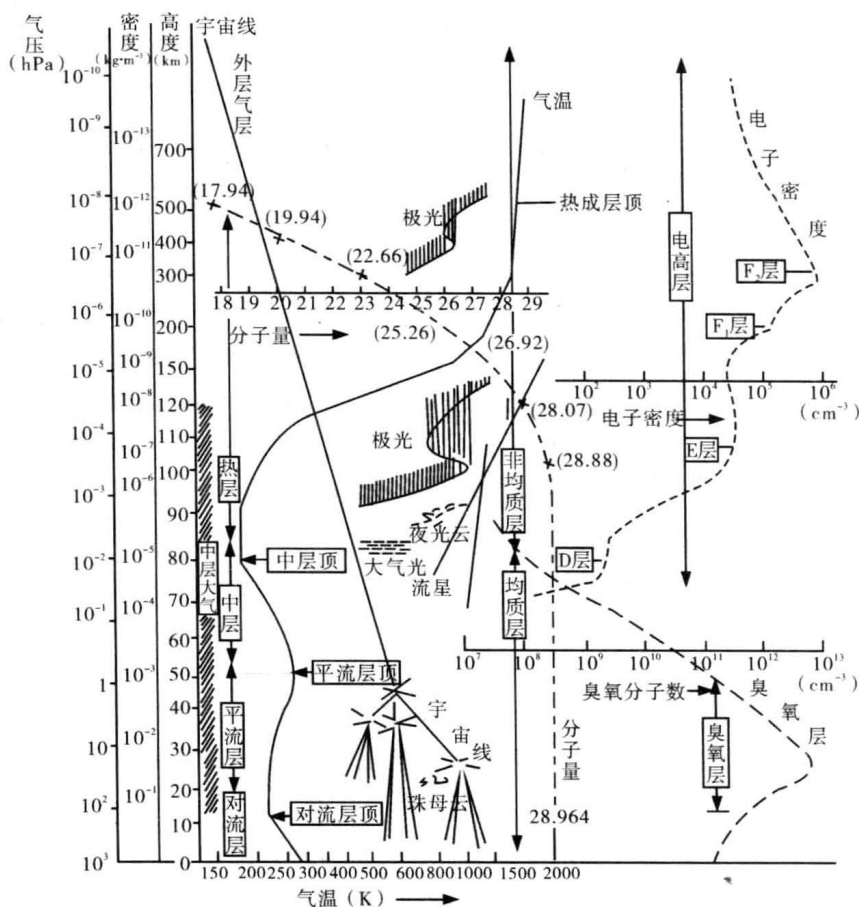


图 1—1 大气垂直分层示意图

定为距地面 1000km 处。这也是极光出现的最大高度。世界气象组织 (WMO) 在 1962 年根据中纬度气温垂直分布的平均情况, 将大气分为: 对流层、平流层、中间层、热层和散逸层 (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 8 ~ 9 公里, 中纬度地区平均为 10 ~ 12 公里, 低纬度地区 17 ~ 18 公里。夏季对流层的厚度比冬季大。对流层的厚度约从地面到 10 ~ 12 公里的高空。对流层集中了整个大气质量的 3/4 和所有的水汽, 几乎所有的天气现象都发生在这一层中, 它对人类活动有重大影响, 因此这一层是气象学研究的重点层次。

对流具有以下几个特征:

1. 气温随高度的增加而降低。

由于地面是对流层大气的主要热源, 所以总趋势是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温, 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, 在低纬度区为 -83°C , 高纬度地区约为 -53°C 。平均而言, 高度每升高 100m 气温下降 0.65°C 。在一定条件下, 有时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。气温随高度增加而升高的这一层, 称为逆温层。

2. 空气具有明显的对流运动。

对流层大气温度随高度的增加而降低, 有利于空气的对流运动。空气中的对流使上下层的空气发生垂直混合, 使近地面层的热量、水汽和杂质易于向上输送, 这对成云致雨有重要作用。主要的天气现象和过程如寒潮、台风、雷雨、闪电等都发生在这一层。

3. 温度、湿度等气象要素水平分布不均匀。

由于地理纬度的不同, 大片陆地和海洋的存在, 使各地区空气受热程度及水汽含量都不同, 造成空气性质的差异, 因此对流层内水平

方向上温度、湿度等气象要素分布不均匀。

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；风速随高度的增加而加大，到对流层上界附近达最大值。

按天气现象的变化特征，对流层又可分为三层：

根据对流层中大气运动的不同特征，可将其分为摩擦层（也称下层，从地面到1000～1500米高度）和自由大气层两个层次（自由大气层又可分为中层，从摩擦层顶到约6公里高度的这一层；上层，从6公里到对流层顶部）。对流层底部贴近地表面的气层中，空气运动受地面摩擦作用的影响显著，称为摩擦层，其厚度约为1.5km。在摩擦层中，随着高度的增加摩擦作用对空气运动的影响迅速减小。通常，风速随高度的增加而增大，气温在很大程度上受下垫面冷热的影响，两者都有明显的日变化。在摩擦层以上，因距离地表面相当远，摩擦作用很小，通常可以忽略不计。这一层称为自由大气层。在自由大气中，由于不受摩擦作用的干扰，大气运动的规律显得比较简单和清楚，尤其是处于对流层中部（500hPa等压面上）的气流状况，基本上可以表示整个对流层空气的运动趋势。

（二）平流层

平流层位于对流层顶之上，约伸展到55km左右。这一层的下层，温度随高度变化很小，20km以上温度随高度的增加显著升高。

在平流层中，空气的垂直运动远比对流层弱，特别是平流层的上半部几乎没有垂直气流，空气以水平运动为主，故此层称为平流层。

平流层中天气晴朗，气流平稳，大气透明度好，适宜飞机飞行。

在对流层与平流层之间有一个厚度为1～2km的过渡层，称为对流层顶。其特点是气温随高度降低的速率突然变小或几乎不变（等温），甚至温度随高度的增加而升高。

（三）中间层

自平流层顶向上到大约85km的气层称为中间层。此层的特点是气温随高度的增加而迅速下降，在中间层顶部，气温在 -85°C ～ -113°C 之间，空气有相当强烈的垂直运动。另外，在80km高度上有一个只在白天出现的电离层称为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

从 85km 以上为热层，亦称热成层。这一层的特点是气温随高度的增加而迅速升高，空气处于高度电离状态，故该层又称为电离层。该层对实现远距离无线电通信具有重要意义。热层的空气密度十分稀薄，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%。

(五) 散逸层

热层以上的大气层称为散逸层，这是整个大气的最外层，是地球大气与星际空间的过渡区域，故又称外层。该层气温也随高度增加而升高，可达数千度。由于那里温度很高，又远离地面，受地球引力作用很小，空气极其稀薄，因此大气质点可以挣脱地球引力的束缚，不断向星际空间散逸。散逸层由此而得名。

第二节 海洋概况

一、海洋的划分

(一) 地表海陆分布

地球表面总面积约 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，即 5.1 亿平方公里。如以大地水准面为基准，陆地面积为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，即 14900 万平方公里，占地表总面积的 29.2%。海洋面积为 $3.613 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，即 36100 万平方公里，海洋平均深度 3800 米，最大深度 11034 米，体积为 $1.338 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，即 133745.9 万立方千米，面积占地表总面积的 70.8%，海陆面积之比为 2.5:1。海水的总质量约为地球质量的 0.1%。由于海水含有大量的盐分，其密度比纯水要大，为 $1.01 \sim 1.03 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。海水的密度与海水的温度、盐度和压力有关，是它们的函数。

地球上的海洋是相互连通的，构成统一的世界大洋；而陆地是相互分离的，故没有统一的世界大陆。在地球表面，是海洋包围、分割陆地，而不是陆地分割海洋。

地表海陆分布极不平衡。在北半球，陆地占总面积的 67.5%，在南半球，陆地占总面积的 32.5%。北半球海洋和陆地的比例分别为

60.7%和39.3%，南半球海、陆比例分别为80.9%和19.1%。

(二) 海洋的划分

地球上互相连通的广阔水域构成统一的世界海洋。根据海洋要素特点及形态特征，可将其分为主要部分和附属部分。主要部分为洋，附属部分为海、海湾和海峡。

洋或称大洋，是海洋的主体部分，一般远离大陆，面积广阔，约占海洋总面积的90.3%。其深度深，一般2000m~3000m以上。海洋要素如盐度、温度等不受大陆影响。另外，海洋具有独立的潮汐系统和强大的洋流系统。世界海洋通常被分为四大部分，即太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。各大洋的面积、容积和深度如表1—3所示。可见，太平洋是最大、最深的大洋，北冰洋是最小、最浅的大洋。

表1—3 各大洋的面积、容积和平均深度

名称 (不包括附属海)	面积 ($\times 10^3 \text{ km}^2$)	容积 ($\times 10^3 \text{ km}^3$)	平均深度 (m)	最大深度 (m)
太平洋	165.246 (45.8%)	707.555 (51.6%)	4028	11500
大西洋	82.446 (22.8%)	323.613 (23.6%)	3627	9219
印度洋	73.443 (20.3%)	291.030 (21.3%)	3897	7450
北冰洋	5.035 (1.4%)	10.970 (0.8%)	1296	5220

海是海洋的边缘部分，据国际水道测量局的材料，全世界共有54个海，其面积只占海洋总面积的9.7%。海的深度较浅，平均深度一般在2000m以内。其温度和盐度等海洋水文要素受大陆影响很大，并有明显的季节变化。没有独立的潮汐和海流系统，潮汐多由大洋传入，但潮汐涨落往往比大洋显著，海流有自己的环流形式。

按照海所处的位置可将其分为陆间海、内海和边缘海。陆间海是指位于大陆之间的海，面积和深度都较大，如地中海和加勒比海。内海是深入大陆内部的海，面积较小，其水文特征受周围大陆的强烈影响，如渤海和波罗的海等。边缘海位于大陆边缘，以半岛、岛屿或群

岛与大洋分隔，如东海和日本海。

海湾是洋或海延伸进大陆且深度逐渐减小的水域，一般以入口处海角之间的连线或入口处的等深线作为与洋或海的分界。海湾中的海水可以与毗邻海洋自由沟通，故其海洋状况与邻近海洋很相似，但在海湾中常出现最大潮差，如我国杭州湾的潮差可达6~8m，最大可达12m之多。需要指出的是，由于历史上形成的习惯叫法，有些海和海湾的名称被混淆了，有的海叫成了湾，如波斯湾、墨西哥湾等；有的湾则被称作海，如阿拉伯海等。

海峡是两端连接海洋的狭窄水道。海峡最主要的特征是流急，特别是潮流速度大。海流有的上下分层流入、流出，如直布罗陀海峡。有的分左右侧流入或流出，如渤海海峡。由于海峡中往往受不同海区水团和环流的影响，故其海洋状况通常比较复杂。

二、海底地形和底质

海底地形是高低起伏的，也是指海区的水深情况。底质指海床沉积物。海底地形和陆地上的地形一样起伏变化。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—4。

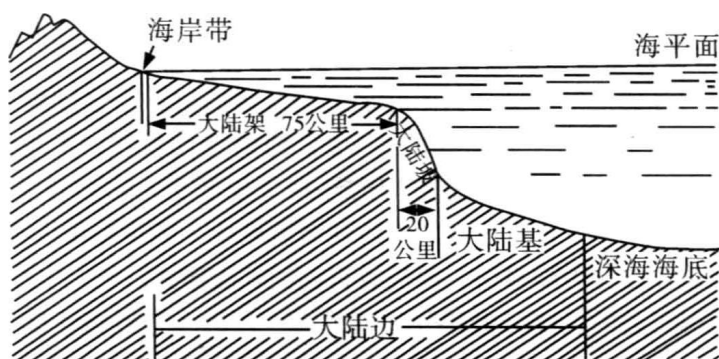


图1—2 海底地形示意图

表 1—4 大陆边缘、大洋盆地和洋中脊面积分布的百分比

地形单元		面积 ($\times 10^6 \text{ km}^2$)	占海洋面积 (%)	占地球面积 (%)
大陆边缘	大陆架	27.5	7.6	5.4
	大陆坡	27.9	7.7	5.5
	大陆基	19.2	5.3	3.8
	岛弧、海沟	6.1	1.7	1.2
大洋盆地	深海盆地	151.5	41.8	29.7
	火山、海峰	5.7	1.6	1.1
	海底高原	5.4	1.5	1.1
洋中脊		118.6	32.8	23.2

1. 海岸带

海岸带是海与陆的界限，当海水升高时便被淹没，水位降低时露出的海陆部分为海岸带。

海岸带常因海洋因素——扑岸浪、海流等冲刷破坏而退缩，因海流、拍岸浪、河流冲积物积聚而扩张，也会因地壳的升降运动等发生不断的变动。通常一个国家的海岸线是指平均低潮时，海陆的分界线。

因为海岸带不是固定不变的，所以海港、码头和其他滨海工业工程建设要预先掌握海岸带和海岸沉积物移动及变化趋势。对渔业船舶来讲，了解不同海区、不同的海岸地形和海岸线变化，对航行和锚泊安全是极为重要的。

2. 大陆架

大陆架指大陆边缘的浅海地带，即从平均低潮线起到海底坡度显著变化的转折处为止，是沿海地区陆地部分在海洋中的延伸，是大陆的自然延伸部分。这一地带，坡度平缓，平均坡度约为 0.1° ，占海洋总面积的 7.6%。从自然地理的角度看，由于与大陆架相邻的陆地地形的不同，各处大陆架的深度和宽度差异很大。山地和岩石海岸的外