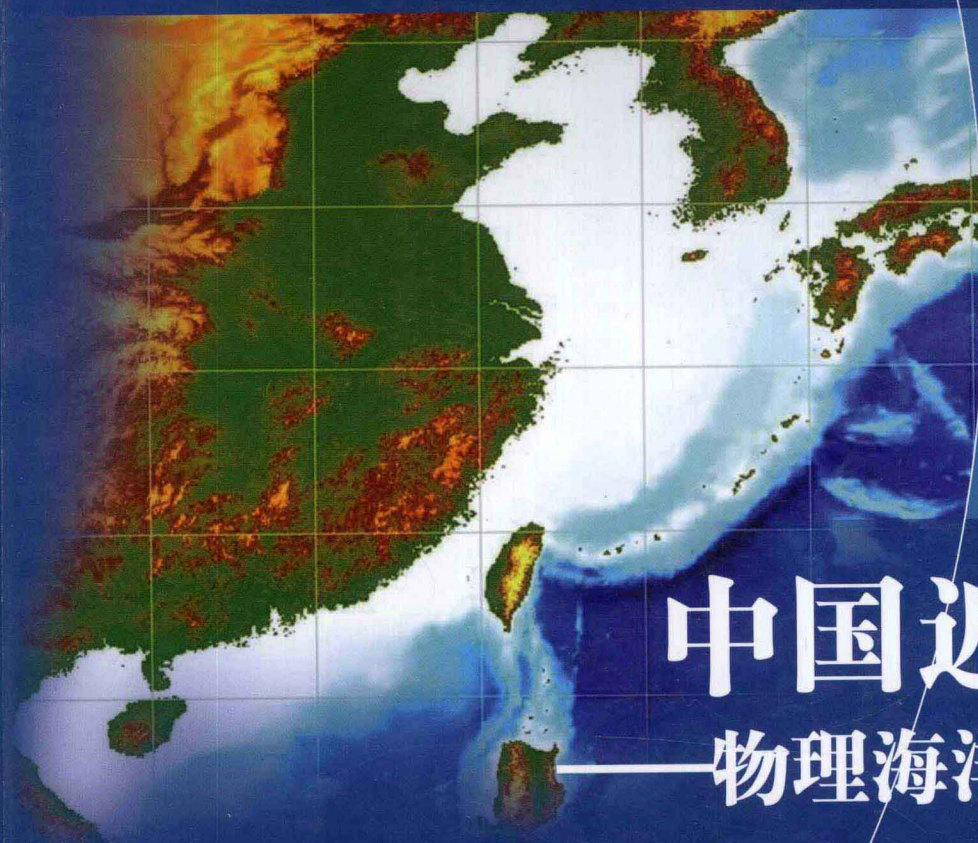




我国近海海洋综合调查与评价专项成果  
“十二五”国家重点图书出版规划项目



ZHONGGUO JINHAI  
HAIYANG  
—WULI HAIYANG YU  
HAIYANG QIXIANG

# 中国近海海洋 ——物理海洋与海洋气象

熊学军 等 编著



海洋出版社

我国近海海洋综合调查与评价专项 成果

# 中国近海海洋 ——物理海洋与海洋气象

熊学军 等编著

海洋出版社

2012年·北京

## 内 容 简 介

本书是一本较系统的中国近海物理海洋与海洋气象研究论著,内容包括中国近海海洋气象与海气边界层特征,温、盐、密度场的分布及季节变化,环流及其季节变化,潮汐潮流特征以及上升流、冲淡水 and 涡旋等典型海洋现象。

本书可供从事海洋研究的科技人员,海洋管理人员,海洋企事业单位中的技术人员及相关专业的大学师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国近海海洋:物理海洋与海洋气象/熊学军等编著. —北京:海洋出版社,2012.6  
ISBN 978-7-5027-8247-4

I. ①中… II. ①熊… III. ①近海-海洋物理学-中国②近海-海洋气象-中国  
IV. ①P73

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第068114号

责任编辑:方 菁

责任印制:赵麟芬

**海洋出版社 出版发行**

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷

开本:889 mm × 1194 mm 1/16 印张:28.25

字数:740千字 定价:128.00元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

## 《中国近海海洋》系列专著编著指导委员会 组成名单

主任 刘赐贵  
副主任 陈连增 李廷栋  
委员 周庆海 雷波 石青峰 金翔龙 秦蕴珊 王颖 潘德炉  
方国洪 杨金森 李培英 蒋兴伟 于志刚 侯一筠 刘保华  
林绍花 李家彪 蔡锋 韩家新 侯纯扬 高学民 温泉  
石学法 许建平 周秋麟 陈彬 孙煜华 熊学军 王春生  
暨卫东 汪小勇 高金耀 夏小明 吴桑云 苗丰民 周洪军

## 《中国近海海洋——物理海洋与海洋气象》 编写人员名单

主编 熊学军  
副主编 郭小纲 盛立芳  
撰稿人 (以姓氏拼音为序)  
蔡尚湛 胡筱敏 黄奖 江甘兴 靖春生 鞠霞 潘爱军  
邱云 盛立芳 孙即霖 孙湘平 汤毓祥 田永青 万小芳  
王丹 吴伦宇 熊学军 许金电 周喜武 朱大勇

# 总前言

2003年，党中央、国务院批准实施“我国近海海洋综合调查与评价”专项（简称“908专项”），这是我国海洋事业发展史上一件具有里程碑意义的大事，受到各方高度重视。2004年3月，国家海洋局会同国家发展与改革委员会、财政部等部门正式组成专项领导小组，由此，拉开了新中国成立以来规模最大的我国近海海洋综合调查与评价的序幕。

20世纪，我国系列海洋综合调查和专题调查为海洋事业发展奠定了科学基础。50年代末开展的“全国海洋普查”，是新中国第一次比较全面的海洋综合调查；70年代末，“科学春天”到来的时候，海洋界提出了“查清中国海、进军三大洋、登上南极洲”的战略口号；80年代，我国开展了“全国海岸带和海涂资源综合调查”，“全国海岛资源综合调查”，“大洋多金属资源勘查”，登上了南极；90年代，开展了“我国专属经济区和大陆架勘测研究”和“全国第二次污染基线调查”等，为改革开放和新时代海洋经济建设提供了有力的科学支撑。

跨入21世纪，国家的经济社会发展也进入了攻坚阶段。在党中央、国务院号召“实施海洋开发”的战略部署下，“908专项”任务得以全面实施，专项调查的范围包括我国内水、领海和领海以外部分管辖海域，其目的是要查清我国近海海洋基本状况，为国家决策服务，为经济建设服务，为海洋管理服务。本次调查的项目设置齐全，除了基础海洋学外，还涉及海岸带、海岛、灾害、能源、海水利用以及沿海经济与人文社会状况等的调查；调查采用的手段成熟先进，充分运用了我国已具备的多种高新技术调查手段，如卫星遥感、航空遥感、锚系浮标、潜标、船载声学探测系统、多波束勘测系统、地球物理勘测系统与双频定位系统相结合的技术等。

“908专项”创造了我国海洋调查史上新的辉煌，是新中国成立以来规模最大、历时最长、涉及部门最广的一次综合性海洋调查。这次大规模调查历时8年，涉及150多个调查单位，调查人员万余人次，动用大小船只500余艘，航次千余次，海上作业时间累计17000多天，航程

200 多万千米, 完成了水体调查面积 102.5 万平方千米, 海底调查面积 64 万平方千米, 海域海岛海岸带遥感调查面积 151.9 万平方千米, 获取了实时、连续、大范围、高精度的物理海洋与海洋气象、海洋底质、海洋地球物理、海底地形地貌、海洋生物与生态、海洋化学、海洋光学特性与遥感、海岛海岸带遥感与实地调查等海量的基础数据; 调查并统计了海域使用现状、沿海社会经济、海洋灾害、海水资源、海洋可再生能源等基本状况。

“908 专项”谱写了中国海洋科技工作者认知海洋的新篇章。在充分利用“908 专项”综合调查数据资料、开展综合研究的基础上, 编写完成了《中国近海海洋》系列专著, 其中, 按学科领域编写了 15 部专著, 包括物理海洋与海洋气象、海洋生物与生态、海洋化学、海洋光学特性与遥感、海洋底质、海洋地球物理、海底地形地貌、海岛海岸带遥感影像处理与解译、海域使用现状与趋势、海洋灾害、沿海社会经济、海洋可再生能源、海水资源开发利用、海岛和海岸带等学科; 按照沿海行政区划划分编写了 11 部专著, 包括辽宁省、河北省、天津市、山东省、江苏省、浙江省、上海市、福建省、广东省、广西壮族自治区和海南省的海洋环境资源基本现状。

《中国近海海洋》系列专著是“908 专项”的重要成果之一, 是广大海洋科技工作者辛勤劳作的结晶, 内容充实, 科学性强, 填补了我国近海综合性专著的空白, 极大地增进了对我国近海海洋的认知, 它们将为我国海洋开发管理、海洋环境保护和沿海地区经济社会可持续发展等提供科学依据。

系列专著是 11 个沿海省(自治区、直辖市)海洋与渔业厅(局)、国家海洋信息中心、国家海洋环境监测中心、国家海洋环境预报中心、国家卫星海洋应用中心、国家海洋技术中心、国家海洋局第一海洋研究所、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局第三海洋研究所、国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所等牵头编著单位的共同努力和广大科技人员积极参与的成果, 同时得到了相关部门、单位及其有关人员的大力支持, 在此对他们一并表示衷心的感谢和敬意。专著不足之处, 恳请斧正。

《中国近海海洋》系列专著编著指导委员会

# 前言

中国近海是世界上最宽的陆架浅海区之一，西北沿世界最大的大陆——欧亚大陆，东南临世界最大的大洋——太平洋，西南与印度洋遥相呼应。同时，大量河川淡水的注入，强西边界流黑潮的经过以及海面的加热与冷却、蒸发与降水，形成了中国近海特殊而复杂多变的海洋环境。

对于陆架浅海区而言，持续进行的直接海洋观测是了解与认识海洋环境及其变化规律最为有效的手段。20世纪50年代末开展的“全国海洋综合调查”，是我国第一次大规模系统性的综合海洋调查，其后开展的诸如“全国海岸带及海涂资源调查”、“全国海岛资源综合调查”、“中日黑潮合作调查研究”、“中日副热带环流调查研究”、“南海季风试验”、“中国近海海洋环境综合调查研究”、“西北太平洋环境调查和研究专项”等，虽然各有侧重，但所积累的海洋调查资料，都不同程度地加深或细化了对我国近海及周边海域的认识。

为全面贯彻党的十六大提出的“实施海洋开发”战略部署，实施《全国海洋经济发展规划纲要》，促进我国海洋经济持续快速发展，实现“全面建设小康社会，加快推进社会主义现代化目标”，国家海洋局针对我国近海海域综合调查程度和基本状况认识度比较低的情况，提出开展“我国近海海洋综合调查与评价”专项。2003年9月获国务院批准立项（简称“908专项”）。

“我国近海物理海洋与海洋气象调查”作为“908专项”的重要组成部分，于2004年启动前期工作，国家海洋局北海分局、中国海洋大学、国家海洋局第一海洋研究所、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局东海分局、国家海洋局第三海洋研究所、国家海洋局南海分局、中科院南海研究所、厦门大学等于2006年7月至2008年1月对北起渤海、南至北部湾的中国近海进行了物理海洋与海洋气象调查，同时，各沿海省、市、自治区对各自所属的近岸海区也进行了相应调查。

本书基于对“我国近海物理海洋与海洋气象调查”所获资料的分析

研究, 结合历史相关调查资料和研究成果, 致力于系统分析阐述中国近海物理海洋与海洋气象环境现状和季节变化规律, 重点关注“908 专项”现场调查资料所体现的原生态的海洋现象, 突出表达海洋-大气过程的一体化和中国近海的环流体系。

本书内容中的渤海、黄海和东海部分由国家海洋局第一海洋研究所完成, 台湾海峡、南海北部和北部湾部分由国家海洋局第三海洋研究所完成, 其中的海洋气象和海-气边界层部分由中国海洋大学完成; 渤海、长江口和南海西北部的有关内容, 分别由中国海洋大学、国家海洋局第二海洋研究所和中国科学院南海海洋研究所协助完成。

由于编著者学识和水平所限, 加上时间仓促, 错误和不足之处在所难免, 敬请读者不吝赐教指正。

作者

2011 年 10 月 12 日于青岛



# 目次

<b>第1章 中国近海海洋气象与海-气边界层</b> .....	(1)
1.1 中国近海地理环境 .....	(1)
1.1.1 水深地形 .....	(1)
1.1.2 入海径流 .....	(4)
1.2 中国近海海洋气候特征 .....	(5)
1.2.1 影响中国近海气候的主要因子和天气系统 .....	(5)
1.2.2 中国近海气象要素场的气候特征 .....	(21)
1.3 中国近海海-气边界层特征 .....	(27)
1.3.1 海-气通量的季节变化 .....	(27)
1.3.2 海面辐射的季节变化 .....	(31)
1.3.3 典型海域的海-气交换 .....	(35)
<b>第2章 渤海、黄海和东海近海物理海洋</b> .....	(42)
2.1 温度、盐度和密度场的分布及季节变化 .....	(42)
2.1.1 水温的分布及季节变化 .....	(43)
2.1.2 盐度的分布及季节变化 .....	(66)
2.1.3 密度的分布及季节变化 .....	(82)
2.1.4 跃层的分布及季节变化 .....	(94)
2.1.5 水团和锋面的分布特征及季节变化 .....	(116)
2.2 环流及其季节变化 .....	(152)
2.2.1 暖流流系 .....	(152)
2.2.2 沿岸流系 .....	(191)
2.2.3 环流基本形态 .....	(210)

- 2.3 潮汐潮流特征 ..... (214)
  - 2.3.1 潮汐 ..... (215)
  - 2.3.2 潮流 ..... (223)
- 2.4 典型海洋现象分析 ..... (240)
  - 2.4.1 上升流 ..... (240)
  - 2.4.2 河口冲淡水 ..... (247)
  - 2.4.3 近海涡旋 ..... (252)
  - 2.4.4 海洋对极端天气过程的响应 ..... (268)
- 第3章 南海近海物理海洋 ..... (276)**
  - 3.1 近海水文分布特征及其季节变化 ..... (276)
    - 3.1.1 水温的分布与季节变化特征 ..... (276)
    - 3.1.2 盐度的分布与季节变化特征 ..... (287)
    - 3.1.3 密度的分布与季节变化特征 ..... (298)
    - 3.1.4 跃层的分布及季节变化 ..... (308)
    - 3.1.5 水团、锋面的分布特征及季节变化 ..... (330)
  - 3.2 环流及其季节变化 ..... (340)
    - 3.2.1 沿岸流系 ..... (340)
    - 3.2.2 近海流系 ..... (349)
    - 3.2.3 北部陆架区环流基本形态 ..... (355)
  - 3.3 潮汐潮流特征 ..... (357)
    - 3.3.1 潮汐 ..... (357)
    - 3.3.2 潮流 ..... (366)
  - 3.4 典型海洋现象分析 ..... (376)
    - 3.4.1 上升流 ..... (376)
    - 3.4.2 河口冲淡水 ..... (391)
    - 3.4.3 近海涡旋 ..... (399)
    - 3.4.4 海洋对极端天气过程的响应 ..... (403)
    - 3.4.5 典型水文现象 ..... (413)
- 第4章 调查研究展望 ..... (433)**
  - 4.1 调查展望 ..... (433)
  - 4.2 研究展望 ..... (433)
- 参考文献 ..... (435)

# 第1章 中国近海海洋气象 与海-气边界层

## 1.1 中国近海地理环境\*

中国近海是世界上最宽的陆架浅海区之一,潮汐和潮流显著。由于西北沿世界最大的大陆——欧亚大陆,东南临世界最大的大洋——太平洋,西南与印度洋遥相呼应,因此海陆上强烈的季节性大气交换对我国近海影响巨大;同时,其近岸侧有大量的河川淡水注入,外侧有世界上最强西边界流之一的黑潮从岛链间穿过,沿岸流系和外海流系在陆架及其坡折区相互作用,所以,在我国近海特殊的地缘特征条件下,引潮力、风应力、柯氏力以及太阳辐射直接造成的海面加热与冷却、蒸发与降水是造成中国近海海洋环境复杂多变、季节特征显著的主要因子,特别是风应力,它对中国近海的海洋环境影响重大。

从地理环境的角度,对中国近海海洋环境影响较大的是水深地形和入海径流。

### 1.1.1 水深地形

中国近海海底地形是大陆地形的自然延伸,地势从西北向东南倾斜,50 m等深线、100 m等深线、150 m等深线是值得关注的特征深度等值线。50 m等深线以浅是典型的我国近海陆架浅水区,坡度最为平缓,岛屿众多,地形复杂,包括了我国管辖海域内的渤海全部、黄海大部、东海近岸浅水区、除中央水道区外的台湾海峡、南海西北陆架区大部和北部湾大部,主体上都是我国的沿岸水体,包括了80%以上的调查区范围。50~100 m等深线之间的陆架区,坡度较陡,除东海和南海的相应海区外,主要包括了黄海槽、台湾海峡中央水道和北部湾海槽,既是沿岸水和外海水的强相互作用区,也是该混合水向近岸入侵的主要通道。100~150 m等深线之间的陆架区,除台湾海峡的澎湖水道外,基本全部集中在东海和南海,既是外海水入侵陆架并和外展的沿岸水强相互作用的海区,也是陆架边缘区西南—东北向或东北—西南向通量运输的主要通道。而150 m等深线附近海区为典型的陆坡区,地形陡峭,多海底峡谷,该区域以外,即是南海深水海盆、台湾东南外海和冲绳海槽。

渤海是一个陆架浅海盆地,海底地势从3个海湾(辽东湾、渤海湾、莱州湾)向渤海中央及渤海海峡倾斜,坡度平缓,平均坡度只有 $0'28''$ 。10 m以浅的海域占渤海面积的26%,沿岸区水深均在10 m以内,辽河口、海河口附近水深约5 m,黄河口最浅处水深不足0.5 m。渤海平均水深18 m,最大深度在渤海海峡老铁山水道附近,约86 m。辽东湾的地形复杂,总的趋势是从湾顶及两岸向湾中倾斜,东侧较西侧略深。在距岸20~30 km内,水深降为25 m,

\* 执笔人:熊学军,孙湘平

等深线密集,有明显的岸坡。在该湾中部,存在两个水深为 30 m 左右的洼地。湾的东南,有一等深线呈手掌状的分布,这就是辽东浅滩,它的北面有 6 条指状的潮流脊,20 m 等深线呈条状分布,最浅处水深仅 14.2 m。渤海湾是一个向西凹,呈弧状的浅水湾,海底地势也从湾顶向渤海中央倾斜,坡度为  $1'2''$ 。湾内水深很浅,一般均在 20 m 以内。湾的北侧,曹妃甸浅滩以南有一东西向的海槽,深度为 31 m。莱州湾以黄河三角洲向海突出而与渤海湾分隔开,是一个向南凸呈弧状的浅海湾。湾内地势平坦,略向渤海中央倾斜,坡度为  $0'27''$ ,水深一般为 10~15 m,最深处约 18 m。在黄河三角洲向海突出之处,水下三角洲地形明显。渤海中央是一个北窄南宽,近于三角形的浅水洼地,地势平坦,东北部稍高,中部低下,水深 20~25 m。

黄海为一近似南北向的半封闭浅海。海底地势由北、东、西三面向中央及东南方向倾斜,平均坡度为  $1'21''$ ,地势比较平坦。深度由东南向北逐渐变浅,如同一个口朝南开的簸箕。黄海平均水深 44 m,最大深度为 140 m。北黄海似一平行四边形的洼地,地势向南黄海倾斜,平均坡度为  $0'44''$ ,平均水深 38 m,最大深度为 80 m。西朝鲜湾地形的显著特点是潮流沙脊群众多,0~40 m 等深线呈同步肠状分布,沙脊呈 NE 向排列,间距几千米至十几千米,延伸几十千米到上百千米。北黄海中部地势平坦,略向南倾斜,等深线呈半圆形,开口朝南。南黄海平均水深 46 m。其海底地形特点是,一个由东南向北的长条洼地纵贯整个南黄海,这就是黄海槽。它位于  $34^{\circ}\text{—}38^{\circ}\text{N}$ 、 $124^{\circ}\text{—}125^{\circ}\text{E}$  之间,水深 60~80 m,北部浅,南部深,位置偏于朝鲜半岛一侧,形成南黄海东西方向的不对称性。槽的西侧宽缓平坦,坡度为  $0'56''$ ;槽的东侧比较陡窄,坡度为  $1'40''$ 。南黄海东岸,朝鲜半岛多礁和溺谷,水深 0~25 m,为一片水下台地,江华湾、许州群岛附近和济州岛以西,均为肠状的沙脊地形。黄海槽在黑山岛附近转向东南,最终通往东海的冲绳海槽北部。在济州岛西部,等深线呈 NW 向的肠状分布,有几十条沙脊和海沟出现,水深 90~110 m。黄海西部的苏北岸外,自海州湾往南至长江口一带,等深线向海突出,是一片广阔的浅水区,水深不足 20 m,并有一些水下三角洲。北部为废黄河三角洲,地势平坦,水深 10~20 m。中部为苏北浅滩,水深 0~25 m,以琼港为中心,呈辐射状向外伸展,系一片低潮时露出水面的沙洲和水下沙脊群,南北长 200 km,东西宽 90 km,反映了潮流沙脊的地形。沙脊宽 0.5~10 km,长达数十千米。南部为长江现代水下三角洲的外侧区,坡度较缓,水深 5~10 m,并有几个水下小岩礁,如苏岩礁、虎皮礁等,它们与济州岛连成一条 NE 向的岛礁线,构成黄海与东海的天然分界线,黄海大陆架与东海大陆架相连成一体(孙湘平,2003)。

东海的海底地形与我国大陆地形有些相似,即西北高、东南低,由西北向东南倾斜。海区平均水深 370 m,最大深度 2 940 m。依海底地形趋势,可分为两个区域:西部大陆架浅水区和东部大陆坡深水区。东海大陆架特别发育,最大宽度(崇明岛附近至男女群岛)达 640 km,是世界上最宽的陆架之一。东海大陆架面积为  $52.99 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占东海面积的 66%。东海大陆架东北与朝鲜海峡相连,西南与南海大陆架相接,具有北宽南窄和北缓南陡的特点。等深线分布,在长江口外,以弧状向海突出,往南大致与我国海岸平行。大陆架平均水深 72 m,平均坡度为  $1'17''$ ,陆架外缘转折处水深为 140~180 m。以 50~60 m 水深为界,又把东海大陆架分为东、西两部分:西部称内陆架,岛屿林立,三角洲覆盖,水下地形复杂,坡度稍陡;东部为外陆架,地势平坦开阔,只在其东南边缘处有一些水下高地、岛屿和岩礁。平坦宽阔的东海大陆架,发育着多种海底地貌,主要有:三角洲、岸坡和陆架平原等。在东

海大陆架北部、长江口以东,有一呈扇形的巨大水下三角洲——古长江水下三角洲,NE方向扩展到20~25 m水深,SE方向伸至水深60 m左右,南界位于30°N附近。水深25~40 m以内是三角洲平原,平原上发育有一些放射状的水下谷地和浅洼地。舟山群岛东北有一条明显的凹形谷地。在长江口古长江水下三角洲之上,还叠置一个深度较浅、扇形偏东南的现代长江水下三角洲,两者相交重叠,构成复式三角洲地形,水深为10 m左右。三角洲南部多孤立的高地、洼地和岩礁。在舟山群岛向南的浙、闽沿岸的大陆架上,有一个与海岸平行的窄长带状的岸坡地形,长约1 000 km,北宽南窄,宽为30~60 km。在浙闽岸坡以东、现代长江水下三角洲以南,发育中国近海最大的一片潮流沙脊群,水深为60~100 m,沙脊群呈NW—SE走向,长10~160 km,宽2~8 km。位于东海大陆架边缘水深100~150 m范围内,具有浅凹地和阶地地形特征。浅凹地有两块:一块在台湾富贵角与赤尾屿连线以北的百米深处,地形似一口朝南的簸箕,出口处有一系列岛屿,如花瓶屿、棉花屿、澎佳屿、钓鱼岛、赤尾屿等便位于此处。另一块在28°—29°N、125°—126°E之间,底部低平,分布有洼地和长垣。东海大陆架的外缘便是东海大陆坡,其范围南起台湾东北端,向NE延伸至五岛列岛福江岛以南,陆坡长1 000 km余,宽40~50 km,北宽(70 km)南窄(20 km),陆坡上界水深140~160 m,下限为600~1 400 m。大陆坡呈弧状向东南突出,陆坡的主体是冲绳海槽。海槽西侧为东海大陆坡斜坡,东侧为琉球群岛岛坡。海槽为一弧形的舟状,向东南方向凸出,呈NE—SW走向。海槽长约1 000 km,宽140~200 km,面积约 $22 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。海槽南深北浅:北部水深600~800 m,坡度较小;南部水深2 000 m左右,坡度也大。东海最深处便出现在海槽的南部。海槽在剖面上呈U字形,槽底平缓,两侧陡峭,西坡约3°,东坡达10°。冲绳海槽以东,为露出海面的琉球群岛。这里的岛架狭窄,仅3~37 km,地形复杂,沙滩、岩礁众多(孙湘平,2003)。

南海的海底地貌类型齐全,既有宽广的大陆架,又有陡峭的大陆坡,还有宽阔的深海盆地和狭窄的海沟和海槽。海底地势西北高、中部和东南低。从南海周边向中央,依次分布着大陆架和岛架,大陆坡和岛坡以及深海盆地。南海平均水深1 212 m,最大深度5 567 m。这里只介绍南海北部和西北部陆架,指我国台湾南端至海南岛以南的华南沿岸及越南北部沿岸的浅水区。地势平缓,平均坡度为3'40",陆架长1 425 km,宽度为190~280 km,最宽310 km,东部窄、西部宽。在沿岸各大河流的河口处,均有水下三角洲发育。北部湾是一个水深小于100 m的浅海,平均水深约40 m,全部位于大陆架上。该湾地形与渤海有些相似,北部和西部较浅,约20~40 m,中部和东南部较深,50~60 m。湾内海底地势由西北向东南倾斜,最深处在海南岛西南近海,超过90 m。南海北部的大陆坡分布在水深150~3 600 m之间,呈阶梯状下降(阶梯状下降是南海大陆坡的特征之一),约从150 m开始,海底坡度明显变陡,由平坦的大陆架变成陡坡,并间隔有深沟。在1 000~1 800 m深处,地形转缓,成为断续相连的平坦面,宽达数百千米。在平坦面外侧,又为急剧陡坡,至水深3 600 m附近,大陆坡终止,到达南海深海盆地。北陆坡指西沙海槽以北至台湾南端一带陆架转折处,呈NE向分布,全长约900 km,宽143~342 km,西宽东窄,地形以陡坡和缓坡相间排列,并由NW向SE呈阶梯状下降,下界水深3 400~3 600 m。陆坡上有起伏的平原及隆起的暗礁(孙湘平,2003)。

### 1.1.2 入海径流

我国大陆地势西高东低，多丘陵和山地，有很多河流在漫长的海岸线上流注入海，携带着大量淡水和泥沙进入到调查海区，据《中国海岸带和海涂资源综合调查报告》（1991）统计，年径流总量约为  $17\,884 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中流入渤海的为  $801.49 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占总量的 4.42%，流入黄海的为  $561.45 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占总量的 3.09%，流入东海的为  $11\,699.32 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占总量的 64.45%，流入南海的为  $4\,821.81 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占总量的 26.56%；年输沙总量为  $19.5 \times 10^8 \text{ t}$ ，其中流入渤海的为  $120\,881.05 \times 10^4 \text{ t}$ ，占总量的 60.03%，流入黄海的为  $1\,467.23 \times 10^4 \text{ t}$ ，占总量的 0.73%，流入东海的为  $63\,059.63 \times 10^4 \text{ t}$ ，占总量的 31.31%，流入南海的为  $9\,591.93 \times 10^4 \text{ t}$ ，占总量的 4.76%。近一二十年来，入海的径流量和输沙量有所减少，但仍分别为  $15\,923 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $17.5 \times 10^8 \text{ t}$ 。流入调查海区的主要河流多年平均径流量和输沙量见表 1.1。

表 1.1 流入调查海区的主要河流多年平均径流量和输沙量

河流名称	流域面积 / $10^3 \text{ km}^2$	径流量 / $(\text{km}^3/\text{a})$	输沙量 / $(10^6 \text{ t}/\text{a})$	河长 / $\text{km}$	平均流量 / $(\text{m}^3/\text{s})$	平均含沙量 / $(\text{kg}/\text{m}^3)$
珠江	329.7	227	71.8	2 200	7 210	0.34
韩江	30.1	25.9	7.2			0.28
九龙江	15	15	3.1			0.21
闽江	61	58	7.5			0.13
钱塘江	41.5	34.2	4.4			0.13
长江	1 900	930	480	5 500	29 200	0.52
黄河	770	59	1 100	4 700	1 530	27.8
永定河	50.8	1.4	81	650	43.1	60.8
滦河	44.9	4.9	22.7	880	188	4.63
大凌河	23.2	2.1	36	360	62.9	21.9
辽河	166.3	5.6	41	1 404	459	6.86
鸭绿江	63.8	25.1	1.9	790	507.5	0.08

资料来源：刘曙光等，2000。

数据系列统计至 2006 年，大多数数据根据长达 50 年的《中国河流泥沙公报数据》显示，淮河及其以南的河流，年径流量无明显的改变趋势而年输沙量呈明显下降趋势，主要包括淮河、长江、钱塘江、闽江、珠江流域的东江与西江；淮河以北地区的河流，径流量与输沙量均呈明显下降趋势，主要包括黄河、松花江和辽河，特别是黄河，近 10 年径流量平均值仅为多年平均值的 1/3，输沙量从 20 世纪 50、60 年代的约  $12 \times 10^8 \text{ t}/\text{a}$  锐减至近 10 年的约  $1.6 \times 10^8 \text{ t}/\text{a}$ ；海河水系的河流下游几乎是断流断沙，如永定河。从各河流的水沙变化情况来看，每次水沙量明显的变化均与人类活动相关联，淮河及其以南河流的沙量减少一般与水利枢纽工程的兴建及流域水土保持等相关；淮河以北地区河流的沙量减少除上述原因外，上游引水量的增加也是主要原因之一（刘成等，2007）。

## 1.2 中国近海海洋气候特征\*

### 1.2.1 影响中国近海气候的主要因子和天气系统

#### 1.2.1.1 影响中国近海气候的主要因子

中国近海西北沿世界最大的大陆——欧亚大陆，东南临世界最大的大洋——太平洋，西南与印度洋遥相呼应，陆洋间有一系列岛屿呈链状分布。由于太阳直射点南北移动所形成的季节变化以及海陆热力性质的差异，形成了以年为周期的冬、夏季风，以及以日为周期的海、陆风。

冬季大陆为冷源，低层大气盛行由大陆吹向海洋的寒冷而干燥的偏北季风，渤海、黄海北、中部盛行西北风，黄海南部和东海北部盛行北风或东北风，由此向南到南海上空逐渐转为东北风。夏季大陆为热源，在大陆热源附近形成热低压，来自南半球的气流越过印度洋和太平洋，盛行从海洋吹向大陆的温暖而湿润的西南、偏南夏季风。南海和菲律宾以东洋面盛吹西南风，东海、黄海和渤海盛行南至东南风。夏季风环流和冬季风环流对于中国近海的热量、水分、温度、降水、风等气候要素都有着深刻的影响。

沿海存在着具有明显日变化特点的海、陆风。海风和陆风的转换时间及其空间特征随地区和天气条件而异。海风通常比陆风强。北部沿海地区陆风风速一般仅  $1\text{ m/s}$  左右，海风稍大，在  $2\text{ m/s}$  以上。在有利条件下，热带沿海地区，陆风风速在  $3\text{ m/s}$  以下，但海风较大，约  $5\sim 10\text{ m/s}$ ，阵风可达  $13\text{ m/s}$ ，最大高度  $1\ 000\sim 1\ 500\text{ m}$ ，有时甚至可达  $2\ 000\text{ m}$ 。温带沿海地区较低，大约为  $500\sim 600\text{ m}$ 。海风深入陆地的范围一般为  $20\sim 50\text{ km}$ ，有时可达  $100\text{ km}$ 。但陆风波及海洋的范围只有几  $\text{km}$ 。海陆风对滨海地区的气候有一定影响，特别是海风，常伴有海雾和低云。在冷洋流和上升流区，海雾和低云常被海风吹向内陆。被海风携带的海上空气进入陆地遇到山脉时会强迫上升变成云。海风还可降低沿岸地区的气温，使这些地区的夏季高温得到调节。

由于海陆表面摩擦阻力的差异，空气在海面上运行时，消耗于摩擦的能量一般远比陆面上小，平均海上风速总比陆上大。如我国东部沿海大风情况下的海上风速要比陆上约大  $3\sim 6\text{ m/s}$ ，甚至更大。海峡的“狭管效应”使风速增强，如冬季台湾海峡、吕宋海峡以及南海中南部风大、浪高、流急，就是一例。

地形对气候的影响是多方面的。岛屿对云和降水的影响也很突出，在迎风面海区，云多、雨大，而背风面则云少、雨稀。南海周边的岛屿和陆地上的高山对局地气候有重要影响。由于台湾岛和吕宋岛上高于  $500\text{ m}$  的高山对冬季风的影响， $10\text{ m/s}$  以上的强风区位于台湾海峡和吕宋海峡 (Liu et al., 2004)；中南半岛东部沿岸南北走向  $500\text{ m}$  以上的安南山脉对冬季东北风有阻挡作用，位于  $11^\circ\text{N}$  越南南部沿岸处出现另一个东北风的强风区 (Liu et al., 2004)，该山脉南端对夏季风有阻挡作用，形成夏季离岸的风速急流 (Xie et al., 2003)。

黑潮及其延伸体海域和西太平洋暖池是太平洋西部海域海-气相互作用的两个关键区，

\* 执笔人：孙即霖

是影响和制约中国东部及中国近海海区气候的重要源地。海洋对气候形成和变化的影响，主要通过海洋和大气的热量交换。暖洋流经过的海区，水温、气温高，气候温暖，雨量充沛；冷洋流经过的海区，则水温、气温低、气候寒冷，雨量稀少、干燥且多平流雾。海区表层水温和气温等值线纬向和经向分布的不均匀性主要为冷暖洋流作用的结果。

海洋经向热输送对全球能量平衡以及气候变化有重要作用。黑潮是太平洋西部边界的一支强洋流，也是世界大洋极向热量输送调控气候的主要通道之一。在北太平洋中部热含量的改变中，海洋平流的贡献占 30%，其中黑潮的贡献占海洋平流贡献的 50%（Vivier et al., 1999）。黑潮路径的摆动及中国近海海水的冷暖将影响中国近海和中国的气候。黑潮流经东海时，在九州岛南部海面分出一个分支北上，形成对马海流。对马海流在流经济州岛西南海域时又一分为二：一支折向东北，穿过朝鲜海峡奔向日本海，而另一支折向西北，沿黄海东侧北上，再转入北黄海，进而穿过渤海海峡向渤海流去，人们把这股海流称为黄海暖流。在冬季，渤海、黄海一带水温显著降低时，这股黄海暖流仍然显出其高温的特性，给其途经的海区带来了温暖。地处渤海湾内的秦皇岛沿岸，因受黑潮暖流的影响，通常能使海水温度保持在冰点以上，不致结冰。

热带印度洋和西太平洋（包括南海）存在着全球海表水温最高的海域，称之为暖池（Warm Pool）。该区常年水温大于  $28^{\circ}\text{C}$ ，温跃层厚度可达  $150 \sim 200 \text{ m}$ 。这个海域是海-气能量交换总量最大的区域，是驱动大气环流的最大热源之一。它的变化直接影响着邻近海区的海气系统以及中国近海和东亚，乃至全球的气候。研究指出，暖池区的年际变化主要表现为东西方向的变化。暖池的纬向位移和上层海洋热含量的年际变化与厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）循环相联系，并影响着太平洋海区，乃至东亚和全球气候。

南海夏季风是亚洲地区夏季风爆发最早的地区之一，南海是我国夏季降水的水汽和各种能量的重要源地之一，该海区的海表温度变化及其与季风环流的相互作用，对中国近海和我国东部地区的气候（旱涝）有重要影响。当春季南海地区海温偏高时，该海区对流活动发展，副热带高压位置偏东，有利于夏季风爆发偏早。相反，当春季南海地区海温偏低时，对流活动受到抑制，副热带高压位置偏西，南海夏季风爆发偏晚。南海及邻近海域的热状况不仅影响南海夏季风爆发的时间早晚，而且影响季风强度及相关的气候变化（俞永强等，2005）。

季风的成因主要有以下几方面：① 海陆影响。由于海陆间热力差异随季节发生变化，冬季大陆为冷高压，海洋为暖低压，风从大陆吹向海洋。夏季大陆为热低压，海洋为冷高压，风从海洋吹向大陆。② 由于大尺度行星环流的影响。地球上的行星风带基本上是纬向的，即热带为东风带、中高纬是西风带。冬、夏之间，这些行星风带有显著的南北位移，强度也有很大变化。在两支行星风带交替的区域，行星环流发生季节转移。盛行风往往近于相反。这种现象称为行星季风。这种现象在低纬区  $30^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{S}$  之间最为显著。③ 高原大地形影响。巨大而高耸的青藏高原与周围自由大气之间同样存在着季节性热力差异，必然产生类似于季风的现 象。冬季，高原是冷源，高原低层形成冷高压，盛行反气旋环流，其东南侧盛行 N-NE 风，与东亚冬季风一致。在夏季，高原是热源，低层形成热低压，盛行气旋性环流，其东侧出现西南风，使夏季西南风加强。夏季，青藏高原巨大的热源有助于高层南亚高压和东风急流的形成与维持。这与印度西南季风爆发有直接关系。

上述几种因素共同作用，使得南亚-东亚地区成为世界最著名的季风气候区。



南海夏季风和东亚冬季风的特征是：①南海夏季风爆发的时间平均比印度夏季风早，约在5月中旬前后，以后向西北推进。而印度季风大约在6月上旬或中旬才大范围爆发；②南海季风爆发的过程比印度夏季风爆发更突然，能在1~2个候（5~10 d）期间低层西南季风明显加强，并迅速替代那里的东南气流，同时对流活动和降水迅速发展，南海及邻近地区进入雨季；③南海夏季风爆发后不久，华南出现明显的水汽辐合和降水，华南前汛期开始；④南海和东南亚夏季风爆发后，源自澳大利亚地区的跨赤道气流加强，它主要是通过新加坡和婆罗洲北部流入南海；⑤南海季风爆发的征兆是赤道辐合带在5月中旬前后突然由近赤道地区跳至南海南部（10°N左右），这种向北的跳跃伴随着西太平洋副热带高压迅速撤离此地区；⑥南海夏季风爆发之后，由于该地区对流活动加强，在南海产生明显的大气加热中心，这导致高空辐散环流的加强及辐散中心由赤道地区北移至西太平洋—南海地区。南海地区大气热源的产生和维持通过遥相关可以影响北半球；⑦春季，南海北部可观测到海表温度有迅速的上升，季风爆发之后，海表温度继续上升或维持不变，这与印度季风爆发后印度洋的海表温度出现冷却现象明显不同；⑧东亚冬季风的活动以东亚寒潮爆发为主要特征。寒潮爆发伴随着西伯利亚高压南下和冷涌的发展，赤道辐合带和对流活动以及东亚局地哈得莱环流的发展与加强；⑨冷涌的向南传播主要在南海地区，它表现为重力波的形式。菲律宾以东海区也可观测到冷涌的向南传播；⑩东亚季风区，主要盛行30~60 d和10~25 d周期的低频振荡，它们的活动对东亚的季节雨带分布和强度有重要影响。

### 1.2.1.2 影响中国近海气候的主要天气系统

渤海是我国的内海，黄海，东海西依中国大陆，东邻朝鲜半岛，东南方向为开阔海域，是一个半封闭的海区。在渤海、黄海、东海这3个海区中，渤海的面积约为 $7.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，平均水深仅有18 m；黄海的面积为 $38 \times 10^4 \text{ km}^2$ 余，平均水深为370 m；东海的面积约为 $80 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，平均水深为370 m。3个海区均为陆架海域。

由于渤海、黄海、东海位于亚洲大陆的东侧，受东亚季风影响明显，存在着明显的季风大气环流的特点，属副热带季风区。冬季30°N以北盛行西北季风，以南盛行东北季风；夏季盛行东南季风或西南季风。东亚副热带季风的原因主要是海陆分布的热力差异和青藏高原大地形的影响。而且，行星尺度的东亚季风系统是全球大气环流中重要的一环，并且在全球气候变化中有极其重要的地位。

根据中国气象学家的定义，东亚季风系统的成员包括：西太平洋副高和赤道东风气流、沿100°E以东的越赤道气流、南海和赤道西太平洋的季风槽（或ITCZ）、印度的西南季风气流、澳大利亚的冷性反气旋、梅雨锋以及中纬度的扰动（Tao et al., 1985）。

大气环流是指大范围大气运动的基本状态。包括大气低层的气压场、风场以及大气对流层中层和高层的大尺度天气系统。大气中的热量、水分、动量等物理量的输送、交换和气候特征的形成都与大气环流有密切关系。中国近海海区气候受东亚大气环流的影响，冬季具有偏北分量的冬季风和夏季具有偏南分量的夏季风的转换特征非常明显。

冬季北半球对流层平均层盛行以极地为中心的沿纬圈方向的西风环流，且西风带上存在行星尺度的平均槽、脊（图1.1）。有3个明显的槽（50°N附近）：①在亚洲东岸（由鄂霍次克海向较低纬度的东海倾斜），称为东亚大槽；②位于北美东岸（自大湖区向较低纬度的西南方倾斜），称为北美大槽；③由欧洲白海向西南方向伸展的较弱的欧洲浅槽，是三槽中