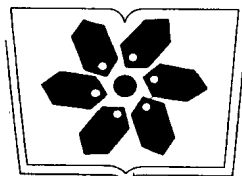


南海海洋化学

韩舞鹰 等 著

科学出版社



中国科学院科学出版基金资助出版 国家自然科学基金委员会资助出版

南海海洋化学

韩舞鹰 等著

科学出版社

1998

内 容 简 介

本书是第一本论述南海海洋化学的专著,涉及内容广泛,包括河口港湾化学、海岸带化学、珊瑚礁化学、上层海洋化学、深层海洋化学、上升流的海洋化学和地层水化学等。书中对南海各个地理相物质分布、变化,着重应用图表法表达,使之一目了然和便于查找。对南海的主要生物地球化学过程,着重于模式化、参量化,使研究由定性描述过渡到定量研究。

本书资料翔实,既注重科学性,又具有实用性;既突出海洋化学学科的专业性,又具有多学科的综合性,除可作为海洋化学专业的教学和研究的参考书外,对涉及南海研究与开发领域的科学技术人员,也是一本有用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

南海海洋化学/韩舞鹰著. —北京:科学出版社,1998

. 1 ISBN 7-03-006008-3

I. 南… II. 韩… III. 海洋化学-南海 IV. P734.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 05356 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1998 年 1 月第一次印刷 印张:18 1/2

印数:1—800 字数:425 000

定价:58.00 元

前 言

作者自 1978 年致力于南海海洋化学研究工作,至今已十年有余。这十余年来,我们经历了各种风风雨雨,尝尽了酸甜苦辣,时至今日,终于了却了十多年前所立下的心愿——完成一部反映自己研究工作并具有鲜明南海特色的海洋化学专著。

本书仅是作者的南海研究成果,并不是包括其他人的南海海洋化学的研究成果汇编,如果这是不全之处,那也正是本书的特色。迄今为止,对海洋化学还未有令人满意的精确定义,因而同是海洋化学专著,内容可以相差甚远。本书的主导思想是突出南海这一特定海域,研究其中海洋化学的各种问题。因此本书对海洋化学的基础理论,研究方法和手段等不作系统的论述,而是直接应用这些理论、方法和手段研究南海。在这种意义上来说,读者阅读此书,不是为获取海洋化学的基本知识,而是在已经通晓这些知识的基础上了解如何应用这些知识来研究南海这个我国最大的、富有热带特色的海域。

把南海划分为不同地理相作为本书论述的章节,在海洋化学专著中是一种新的尝试。浅海相与人类密切相关,也是作者研究的重点,因此第四章所占的篇幅最多,此章的珠江河口湾和大亚湾研究,把定性描述向定量研究过渡,根据两种不同类型海湾的不同特征更新时间,建立起不同的定量研究的数学处理方法。从实用的目的出发,本章给出了南海北部 17 个港湾的水化学状况,并对海岸带水域进行功能区的划分。

第五章所讨论的海气界面是地球上最广泛的界面,海洋上层的化学过程在全球物质循环中有着重要作用,本章阐述了南海上层对大气二氧化碳变化的响应及反馈。此外,本章还详细讨论了作者多年研究而提出的南海生物活性层问题。

南海是我国唯一具有深海盆结构的海域,第六章讨论了南海深海盆水的更新时间、上升速度、氧消耗率、氧最小值、表观氧消耗和碳酸钙补偿深度等令人感兴趣的问题。

上升流在南海是一个较普遍的现象,上升流在海洋通量中具有特殊的意义。第七章重点研究了南海北部几个上升流,提出了上升流流速和氧的各种过程的计算模式。

南海是一个复杂的化学体系,第八章中把南海经过简化的几个方面通量计算进行模式化,探索一条弄清主要生源物质的来源与归宿的重要途径。

南海石油令人瞩目,对油田水的研究日益受到人们重视。第九章把作者近年油田水研究作一介绍。

弄清南海这一复杂体系的各个过程,并建立一组描述南海主要和次要成分在各个储库间通量的微分方程,是研究南海的科学家为之努力的目标。本书是向这一目标迈出的第一步,而迈出的这一步,往往基于对南海现实过程的简化和理想化,这就不可避免出一些偏差和谬误。恳请读者注意和指正。

全书由韩舞鹰主笔。其中第一章由吴林兴、韩舞鹰执笔;第二章由韩舞鹰、容荣贵执

笔；第三章由容荣贵、韩舞鹰、吴林兴、黄西能、王汉奎执笔；第四章由韩舞鹰、林洪瑛、蔡艳雅、吴林兴、容荣贵、黄西能执笔；第五章由韩舞鹰、林洪英、王汉奎执笔；第六章由韩舞鹰、马克美执笔；第七章由韩舞鹰、吴林兴、马克美执笔；第八章由韩舞鹰、林洪瑛执笔；第九章由韩舞鹰、蔡艳雅执笔。原稿打字工作由唐杰、容必兴、张美玲完成。

韩舞鹰

1990年9月1日于广州康乐村

目 录

前言

第一章 南海的自然概况	(1)
1.1 地形概况	(1)
1.2 地质地貌概况	(2)
1.3 气候概况	(3)
1.4 水文概况	(5)
1.5 生物概况	(7)
第二章 南海海洋调查概况	(8)
2.1 国外在南海海洋调查概况	(8)
2.2 国内在南海海洋调查概况	(8)
第三章 南海化学要素基础图集	(11)
第四章 南海浅海海洋化学	(40)
4.1 海湾与河口湾化学.....	(40)
4.2 海岸带海洋化学	(112)
4.3 珊瑚礁潟湖化学	(151)
第五章 南海上层海洋化学	(167)
5.1 上准均匀层	(167)
5.2 不连续层	(175)
5.3 海气界面氧的溶解平衡	(180)
5.4 海气界面二氧化碳溶解平衡	(183)
5.5 海水的缓冲容量	(190)
5.6 海洋上层对大气二氧化碳变化的响应	(192)
5.7 气体的更新时间	(198)
5.8 南海的生物活性层	(199)
5.9 碳垂直通量	(212)
第六章 南海深层海洋化学	(215)
6.1 深层水的二氧化碳体系	(215)
6.2 深层水的溶解氧	(217)
6.3 深层水的营养盐	(230)
6.4 碳酸钙的饱和面、溶跃面和补偿深度.....	(232)

第七章 南海上升流的海洋化学	(236)
7.1 粤东沿岸上升流	(236)
7.2 琼东沿岸上升流	(246)
7.3 东沙群岛西南冷涡	(252)
7.4 小结	(259)
第八章 南海的生源物质通量	(261)
8.1 南海的水通量	(261)
8.2 南海的磷通量	(263)
8.3 南海的碳通量	(267)
8.4 南海的氧通量	(270)
8.5 南海氮通量	(273)
8.6 南海硅的通量	(276)
8.7 小结	(278)
第九章 南海地层水化学	(279)
9.1 地层水的化学组成	(279)
9.2 地层水的分类	(283)
参考文献	(284)
后记	(289)

第一章 南海的自然概况

1.1 地形概况

南海,又称南中国海,位于亚洲的东南部,它是东南亚海域中最大的一个海。

南海北起 $23^{\circ}37'N$,南迄 $3^{\circ}00'N$;西自 $99^{\circ}10'E$,东至 $122^{\circ}10'E$,总面积约 $3.5 \times 10^6 km^2$ 。平均水深约 1 200m。

南海背靠大陆,外绕岛弧,是一个半封闭的边缘海。它北连中国大陆,西接中南半岛和马来半岛。在中南半岛的南、东北部,分别有两个向东南开口的泰国湾和北部湾,面积分别约为 $1.3 \times 10^5 km^2$ 和 $3.4 \times 10^5 km^2$ 。南海的东边有台湾岛和菲律宾群岛,南边有加里曼丹岛和苏门答腊岛。这些岛屿使南海与东海、太平洋及苏禄海、爪哇海和安达曼海等隔开,其间由十多个海峡沟通,主要有台湾海峡、吕宋海峡、卡拉维特海峡、民都洛海峡、巴拉巴克海峡、卡里马塔海峡、加斯帕海峡和马六甲海峡。

台湾海峡南北长约 315—333km,东西宽 139—389km,平均水深 60m 左右,澎湖水道水深 50—160m,台湾浅滩仅 10—25m。台湾海峡是我国南北海运交通的要道,也是南海和东海海水交换的重要通道。

台湾岛和吕宋岛间宽约 380km 的海面总称吕宋海峡,它由巴士海峡、巴林塘海峡和巴布延海峡组成。巴士海峡的海槛最深,达 2 500m。它是南海与太平洋水交换的主要通道。

海槛深度约 450m 的民都洛海峡和深度约 100m 的巴拉巴克海峡使南海与苏禄海沟通。

卡里马塔海峡和加斯帕海峡水深只有几十米,但它们却是南海与爪哇海水交换的重要通道。夏季南半球的东南信风越过赤道偏转为西南季风,爪哇海部分海水通过这两个海峡流入南海;冬季东北季风越过赤道偏转为西北季风,南海海水通过这两个海域流入爪哇海。

苏门答腊岛与马来半岛之间的马六甲海峡,长约 780km,宽约 50km,水深 17—117m。它沟通南海和安达曼海。在海水交换上虽不很重要,但却是太平洋和印度洋国际航线的咽喉,在海运交通上十分重要。

流入南海的主要河流有湄公河、珠江、红河和湄南河。湄公河是世界第八大河,每年流入南海的水量约 $4.633 \times 10^{11} m^3$ (陈史坚,1955)。珠江年平均径流量达 $3.20 \times 10^{11} m^3$ (关浩林,1988)。这些河流挟带大量泥沙,都在下游冲积成三角洲。

在南海北部滨海区分布着 1 422 个岛屿,主要有南澳岛、万山群岛、上川岛、下川岛、硇洲岛和海南岛。

在浩瀚的南海北部、中部和南部,则星罗棋布着我国的东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛和南沙群岛。

东沙群岛主要由一个东沙环礁和环礁上的东沙岛及北卫滩与南卫滩组成。东沙环礁是一个直径约 20km 的圆形环礁,中间为一个 16m 以浅的潟湖。东沙岛海拔约 6m,面积约 1.8km²。

西沙群岛由宣德群岛和永乐群岛组成。永乐群岛在 15°46′—17°07′N, 111°11′—112°06′E 范围内,包括永乐环礁和北礁、华光礁、玉琢礁、盘石礁、中建岛等。宣德群岛在 15°43′—17°00′N, 112°10′—112°54′E 范围内,包括永兴岛、石岛、赵述岛、西沙洲和七连屿等。在南海诸岛中,西沙群岛是露出海面的陆地最多的一群,计有 22 个岛,7 个沙洲,总面积 8km²。面积在 1.0—2.0km² 的有永兴岛、东岛和中建岛,其他岛洲面积均在 0.4km² 以下,海拔最高的石岛为 13m,其余在 9m 以下,一般为 1—5m。

中沙群岛由中沙大环礁、黄岩岛和几个独立的暗沙组成。黄岩岛是中沙群岛中唯一露出海面的岛礁。

南沙群岛是南海诸岛所属岛中岛屿滩礁最多、散布范围最广的一个群岛,其岛洲、礁、滩和暗沙等有一百多个,按其分布位置可分成北、中、东、西、南等五大群。北、中部主要有双子群礁、中业群礁、道明群礁、郑和群礁、九章群礁和安渡滩等。主要岛屿有太平岛、中业岛和西月岛。东部主要包括礼乐滩、南方浅滩、安塘滩和海马滩。主要岛屿为马欢岛和费信岛。西部主要分布着尹庆群礁和南薇滩、万安滩等。主要岛屿是南威岛。南部主要有北康暗沙、南康暗沙和曾母暗沙等。南沙群岛露出海面的陆地总面积约 2km²,最大的太平岛约 0.42km²,海拔最高的鸿庥岛为 6m。

1.2 地质地貌概况

1.2.1 海底地形

南海海底地形是北部、西部和南部有较宽的大陆架,中部为大陆坡和深海平原,大陆坡上又有海底高原和海槽、海沟等。大致可以分成六个地形区,即南海中央海盆;东部海沟、海槽和岛架;南沙海底高原;东沙、中沙、西沙台阶陆坡;西部、北部大陆架和西南部大陆部。

南海中央海盆 为一深海平原,位于南海中央偏东北部,海盆长轴自东北至西南近 1 600km,短轴自西北至东南近 550km,水深约 4 000m。西南部较深,最深达 5 377m,位于马尼拉海沟南端,约 13°12′N, 119°51′E。在这深海平原上,零星地散布着一些海丘和海山。

东部海沟、海槽和岛架 位于深海平原以东至吕宋岛间的岛坡上,有三条南北走向的海底山脊,夹着马尼拉海沟和西吕宋海槽。其水深分别达 4 800 和 2 600m。在北边有水深达 3 500m 的北吕宋海槽。位于南沙群岛东南侧的南沙海槽,最深达 3 292m。菲律宾群岛大陆架外缘的东陆坡,陆坡狭窄、陡峭,坡度自 27%—109%变化,并受水下峡谷切割,地形十分复杂。

东沙、中沙、西沙台阶陆坡 东沙台阶水深约 300m,向西延伸至珠江口和上川岛南方。深海盆西侧为中沙台阶,台阶面深约 2 400m。台阶上的中沙大环礁,顶部水深只有 12—20m。中沙台阶西侧,被水深约 2 500m 的西沙东海槽与西沙台阶隔开。西沙台阶宽阔平缓,水深约 1 000m。西沙群岛就在这个台阶上。

南沙海底高原 海底高原东襟南沙海槽,西南接巽他大陆架,北临深海平原,以高差大于1500m的陡坡与南海海盆截然分开。海底高原基座水深1800—2000m,众多的山峰或平顶山顶部发育着一个个珊瑚礁。我国的南沙群岛就在这海底高原上。

西部、北部大陆架 狭窄的西部大陆架宽度为280—120km,北部大陆架自北部湾伸展至台湾浅滩一带,两侧拱托着海南岛和台湾岛,其宽度,北部湾底至东南口外484km,海南岛东南为93km,珠江口外达278km,韩江口外为190—220km。

西南部大陆架 位于南海的西南方,我国的南沙群岛的北康暗沙、南康暗沙和曾母暗沙就在这个大陆架上。曾母暗沙的主体是珊瑚暗礁,该海区陆架海床由南部的45m向北倾斜至54m。此外,还有纳土纳群岛和亚南巴斯群岛。南海西南部大陆架与爪哇海合称巽他大陆架,面积达 $1.85 \times 10^6 \text{ km}^2$,为世界著名大陆架之一。南海西南部大陆架面积约占整个南海面积的三分之一以上。

1.2.2 地质概况

南海地质构造十分复杂,其边缘陆区,以华南大陆和中南半岛地质比较古老,而台湾和菲律宾群岛却是年青的岛弧。

南海在地质史上长期为相对稳定区。只是从中生代开始,由于太平洋板块和印度洋板块向欧亚板块的强烈挤压和地壳活化的结果,位于欧亚板块陆缘的南海地壳受到挤压和拉张,形成拗陷、破裂,演化为活动区,南海诸岛区可能大部分属地洼区,地洼区从中生代末至第三纪初开始,地壳拗陷、破裂,以块断运动为主,产生许多北东向断陷盆地。早第三纪以来则是地洼活动的剧烈期,地壳强烈下陷,沉积厚达数千米。同时,发生过多次褶皱和断裂活动,并伴随多次张裂扩张成海(谢以宣,1985)。

南海的基底,在大陆架和大陆坡大都是古生代和中生代变质岩及中生代的花岗岩、深海盆基底是新生代的基性、超基性和玄武岩类。陆架、陆坡的地壳厚度一般为30—20km,属大陆型地壳;海盆地壳厚度约6—10km,属大洋型地壳。

南海新生代沉积具有沉积速度快、厚度大、碎屑物质多、有机质丰富等特点,与油气形成有密切关系。南海北部大陆架上分布有北部湾、琼东南、珠江口、台湾浅滩南盆地等。新生代沉积厚4—6km。中央海盆的新生代沉积约0.5—2km。

南海分布着多种不同走向的深大断裂,北东-南西断裂是南海的主要断裂,控制着北自广西、广东沿海,南至加里曼丹岛和巴拉望岛的广大海域的地质构造骨架。

1.3 气候概况

南海除北部大陆沿岸海域属亚热带气候外,其余大部分海域属热带气候。其特点是终年高温;季风盛行,强风、台风频繁;干湿季分明。

1.3.1 终年高温

南海处低纬度区,终年气温很高。1月份近海面平均气温,在20°N以南大都在20℃以

上,其中南部在 25—27℃,中部在 22—25℃,北部在 12—18℃。7 月份平均气温在 27—28℃以上,且分布比较均匀。

南海北部大陆沿岸海区,年气温差在 10℃以上,而南部海区年气温差仅 1—2℃。表 1.1 为东沙岛、永兴岛和太平岛各月气温统计值。

表 1.1 东沙岛、永兴岛和太平岛各月份平均气温(℃)

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年 平均	记录年代
东沙岛	20.6	21.1	22.7	25.4	27.9	28.5	28.8	28.5	27.9	26.3	24.2	21.8	25.3	1963—1975
永兴岛	22.9	23.3	25.1	27.1	28.9	28.9	28.6	28.6	27.9	28.6	25.4	24.0	26.5	1958—1980
太平岛	26.8	27.1	27.8	29.0	29.0	28.5	27.9	28.1	27.7	27.8	27.7	27.0	27.9	1964—1975

1.3.2 多风

南海风多,一是季风盛行,二是强风、台风频繁。

季风盛行是南海气候最显著特点之一。季风对南海海洋环境影响极大,一般来讲,冬春季盛行东北季风,夏秋季盛行西南季风。1 月份,海面平均风力 4—5 级,遇寒冷空气时,北部常刮 6 级以上东北风,最大阵风可达 12 级。入春以后,冬季风开始减弱,5 月份,偏南风扩展到整个南海。6—8 月,西南风盛行,平均风力大多为 3—4 级。9 月以后,夏季风逐渐被冬季风所取代,到 11 月份,南海又进入冬季风季节。

南海常刮 6 级以上的大风。导致大风的形成,除台风、热带低压外,还有由热雷暴、寒潮等引起的强风。南海全年各月都有强风出现,但多出现于冬半年。12 月份在东沙群岛附近海面,强风频率达 60%,而最南部仅 10%左右。南海冬季强风主要由寒潮冷空气入侵引起,每年 9 月至翌年 5 月,影响南海的寒潮冷空气平均达 50 次。夏季,南海为暖湿的海洋气团控制,引起强风的天气系统主要有西南季风潮、雷雨、龙卷等。

夏季季风另一大风为台风。南海是全世界台风活动最频繁的海区之一。据 1949—1981 年资料统计,影响南海的台风平均每年达 14 个以上,最多的 1970 年达 22 个,最少的 1976 年仅 7 个。南海全年各月都可有台风和热带低压活动,但以 7—9 月最多,平均每月 2—3 个,最多时一个月可发生 5—6 个。而 1—4 月一般很少有台风活动。在南海活动的台风,70%来自菲律宾以东的西太平洋洋面,其余是在南海上面形成的所谓“土台风”。

1.3.3 干湿季分明

南海降雨的基本特点是:雨量丰沛,干湿季分明,年际变化大,多阵雨。

南海大部分海区年降雨量在 1 500—2 000mm 之间。少雨区位于南海东北部和海南岛西部沿海,最南部海区年降雨量在 2 500mm 以上。

南海最重要的降雨天气系统是台风。由于台风多发生于夏秋季,故此时降雨多,为湿季;冬春季降雨少,为干季。如东沙岛,5—10 月降雨量达 1 254mm,占全年雨量的 87%,11 月至翌年 4 月雨量仅占全年的 13%。西沙永兴岛,6—11 月降雨量约 1 300mm,占全年

的 85%，12 月至翌年 5 月雨量仅占全年的 15%。南沙太平岛 6—11 月降雨量为 1 455mm，占全年的 79%，12 月至翌年 5 月雨量仅是全年的 21%。

但南海最南部海区，它们处赤道热带，没有台风，终年多雨，从 10 月到翌年 1 月有明显雨季，但是没有真正的干季，各月降水量都超过蒸发量。

由于台风的年际变化大，因而也使得降雨量年际变化大。如永兴岛多雨的 1973 年降雨量达 2 500mm，而少雨的 1968 年降雨量仅 800mm。

1.4 水文概况

1.4.1 流

南海由于它的封闭性及其菱形轴线与季风方向一致，再加上其南浅北深，又有很多岛群散布其中，使其可发展三种不同的环流(Wyrtki, 1961)。第一种是被季风吹动的，径向的简单表面流。第二，由于南海很宽阔，有条件发展一个水平涡流。第三是在风的方向上的水堆积所引起的垂直环流。

冬季，由于强劲的东北季风，一部分通过巴士海峡进入南海北部，这一分支称黑潮南海分支，它是南海环流结构中的一个重要的组成部分。分支沿大陆坡外侧流动，至东沙群岛东部海面后，全体继续西行并与从台湾海峡南下的东海沿岸水汇合继续沿南海西部南下，表层流速一般在 0.8kn 左右。这一表层主流在中南半岛海岸发生强化，流速明显增大，经常可达 2kn 以上。这支海流抵达巽他陆架后，上层水大部分经卡里马塔海峡和加斯帕海峡流入爪哇海，另一部分因受巽他陆架阻挡被迫转折向东流去，继而形成沿加里曼丹西岸北上的逆流。在南海东侧有一支北上逆流，流速 0.5kn 左右。

在中国大陆沿岸流的南侧，终年存在一支东北向的海流，冬季由于它和东北季风方向相反，成为一支逆风海流而引人注目，这就是“南海暖流”，最大流速可达 2—3kn，流量可达黑潮分支流量的三分之一(仇德忠, 1985; 郭忠信, 1985)。

冬季由南海西部漂流及东部逆流所构成的大环流中，又包含着三个中等尺度的环流，即分别位于北部深水区 and 巽他陆架北侧的气旋式环流及位于中沙和南沙之间的反气旋环流(徐锡祯, 1980)。此外，在南海东北部海区黑潮南海分支的两侧存在两个比较明显的涡旋，冷涡位于东沙群岛西侧，暖涡位于东沙群岛东侧。

冬季中层环流与表层环流不尽相同。它们在东沙—西沙间呈西南向流去，在南海东侧，呈偏北流动。冬季中层环流流速可达 0.5kn 左右。此外，在北部还存在一些局部小环流。

春季，南海西部漂流逐渐减弱，东部的偏北流加强，表层仍维持着一个较完整的气旋环流模式，中层则由一系列的局部小环流构成一较完整的气旋式总环流。

夏季，南海的表层环流与冬季的流势大致相反，在大部分海区内形成了东北向的流动。在西南季风作用下，爪哇海向南海输水，这些海水越过巽他陆架后北上，流速一般在 0.5—1kn 左右，它们在中南半岛海岸也发生强化，流速可达 1.5kn。海流往东北方呈扇形展开。与东部的北向漂流汇合，通过巴士海峡和台湾海峡，将海水输送到西太平洋和东海。

夏季，黑潮南海分支仍在某种程度上支配着南海东北部海区的环流和水团结构，但其

路径与冬季有明显不同。这一分支从巴士海峡进入南海,在 19° — 20°N 之间穿过 118°E 而西进,及至东沙群岛的东南海域分解为二,分支主体绕过东沙群岛顺着西南季风向东北方向流去,分支支流则绕过东沙群岛逆风向西南流去。

夏季南海表层水的几个较为显著的局部环流均位于南海西侧:在西沙—中沙之间以及中南半岛南端各有一个反气旋环流;而在 12° — 15°N 的越南沿岸海区则存在一个气旋式环流,离岸风导致了强烈的上升流,使该海域形成一势力很强的冷中心。

此外,在北部陆架和陆坡区,如海南岛东海岸,粤东沿岸台湾浅滩、粤西外海均在夏季有明显的上升流出现(韩舞鹰,1988,1990)

夏季南海的中层水主要呈现一反气旋式环流,在西部海区内海水呈偏北流动,南下的逆流则主要沿海区中部流动。在东部海区,中层水流动较为紊乱,以不连续的偏北流动为主。

秋季,西南季风消退。东北向流只限于海区中部范围,台湾海峡,广东陆架区和巽他陆架区均为西南向流所控制。

1.4.2 波浪

海浪主要受风控制。

冬季,强劲的东北季风以及强冷空气南下,整个南海海面常被10级以上大风所控制,风浪和涌浪的方向大都为西南向。巴士海峡至东沙群岛海域和越南南方沿岸是两个大风浪区,有效波高大于2m,中部海域为1.5—2m。涌浪也是南海东北部海区最大,东沙群岛东南海区有效波高大于3m。

夏季, 15°N 以北,6—8月,海浪以南向和西南向为主, 15°N 以南,6—9月以西南向为主。风浪和涌浪均较冬季小,风浪的有效波高1m左右。涌浪波高1.5m左右。总的来讲,夏季南海中部浪较大,但大浪多出现在南海北部的台风活动带。

5月和9、10月是风浪转向的过渡季,一般风浪较小。

1.4.3 潮汐

南海的潮汐性质呈错综复杂的分布。北部湾、泰国湾、吕宋岛西岸、加里曼丹西北岸、巽他陆架区等均为日潮;巴士海峡、台湾海峡、广东沿岸和马来半岛南端为不规则半日潮,其他均为不规则日潮。

南海潮差较小。大部分海域平均潮差在1m以下。仅在浅水的陆架区和海湾内潮差才明显增大。菲律宾西岸为2m左右,广东沿岸,中南半岛东南岸、加里曼丹西岸和泰国湾约为3m,广州湾、泰国湾、北部湾的湾顶及台湾海峡内潮差可达4m以上。

南海的潮流大都小于1kn,广东沿海、台湾海峡、北部湾潮流流速可达2kn。琼州海峡内潮流流速最高可达5kn。

1.5 生物概况

1.5.1 浮游生物

南海浮游生物种属组成复杂繁多,总生物量较低,生物量季节变化也较小,一年内出现单峰周期。

浮游生物除近岸有少数淡水种和半咸水种外皆为热带近岸种和热带外海种。如中部海区以角毛藻、根管藻、角藻和束毛藻为多。曾母暗沙以角藻、角刺藻和根管藻为多。浮游植物数量最高区分布在近岸陆架区。南海东北部近岸平均数量为 $5 \times 10^5 - 5 \times 10^6$ 个/ m^3 。南海中部海区为 $8 \times 10^4 - 2.6 \times 10^5$ 个/ m^3 。曾母暗沙海区为 $4 \times 10^5 - 6 \times 10^5$ 个/ m^3 而垂直分布趋势则是由上层至下层数量逐渐减少。

浮游动物在南海的主要种是挠足类和毛颚类,其生物量,南海北部海区为 $66\text{mg}/m^3$ 、中部海区 $20 - 60\text{mg}/m^3$ 。南部深水区 $49\text{mg}/m^3$,曾母暗沙 $75\text{mg}/m^3$,垂直分布也是 $0 - 100\text{m}$ 层高于 $100 - 200\text{m}$ 层。

1.5.2 底栖生物

南海中部底栖生物平均总生物量为 $2\text{g}/m^2$ 。其中以多毛类生物量居首位。约 $1.3\text{g}/m^2$ 。其次是软体动物,甲壳动物和棘皮动物,分别为 $0.06\text{g}/m^2$, $0.08\text{g}/m^2$ 和 $0.08\text{g}/m^2$ 。其它动物约为 $0.5\text{g}/m^2$ 。

底栖生物的栖息密度为 $16 - 112$ 个/ m^2 ,平均 46 个/ m^2 。其中以多毛类占比例最大,约 24 个/ m^2 。其次是甲壳动物约为 13 个/ m^2 。

第二章 南海海洋调查概况

2.1 国外在南海海洋调查概况

南海的海洋调查最早开始于上世纪末,调查包括测深、取样、温度和盐度测定等。根据这些成果 Tydeman(1903)画出了东南亚海域的第一张测深图。

1907年2月15日德国的“PLANET”号在南海陆架区(19°2'N,117°43'E)和深海盆(21°2'N,115°18'E)各作一个站的水文观测。

1926—1930年丹麦的“DANA”号进行了一次环球航行。在1929年4月7日该船从苏禄海经巴拉巴克海峡进入南海,西行至泰国湾,在南沙海域进行5个站位的观测,最大测深2000m(7°14'N,115°23'E处)。5月20日,“DANA”号在南海中部(15°22'N,115°20'E处)水深4240m进行了一个深水测站的观测,观测深度达4000m。5月22日“DANA”号经巴士海峡进入太平洋,在南海共布设21个测站。

根据海洋情报资料所提供的资料,南海海洋调查的情况列于图2.1和表2.1中。由图2.1可见,测站的地区差异十分明显。香港附近和巴士海峡是调查得最广泛的。表2.1中则反映调查主要是集中在夏季最多。7、8两个月调查数占总站数的22%。

表 2.1 南海各月调查站次统计表

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
次 数	176	326	285	149	197	226	295	442	291	293	136	234	3050

南海调查总站次3050次,比东海16822次和黄海15938次要少得多。

在南海进行过海洋调查的国家有日本、美国、英国、前苏联、泰国、越南、印度尼西亚、菲律宾、德国、澳大利亚、丹麦、荷兰等国。在南海北部,调查最多的国家依次为英国、日本、美国和前苏联等,在南海南部调查最多的国家依次为日本、美国、泰国、前苏联和印度尼西亚等。

值得指出的是,上述的海洋调查,是以水文调查为主,海洋化学的观测项目往往是不全的。真正化学项目比较齐全的是1961年开始的“国际黑潮联合调查”(CSK),化学分析项目包括有盐度、溶解氧、pH、磷酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐和硅酸盐。但从调查资料来看,很多航次营养盐的资料是不全或全缺的。另外CSK调查主要涉及的区域在南海东北部和南部,而且观测层次在1500m以浅。

2.2 国内在南海海洋调查概况

我国在南海最早的海洋调查始于1959年1月,即当时由国家科学技术委员会组织的全国海洋普查,调查时间1959年1月至1960年12月,调查项目有盐度、溶解氧、pH、磷

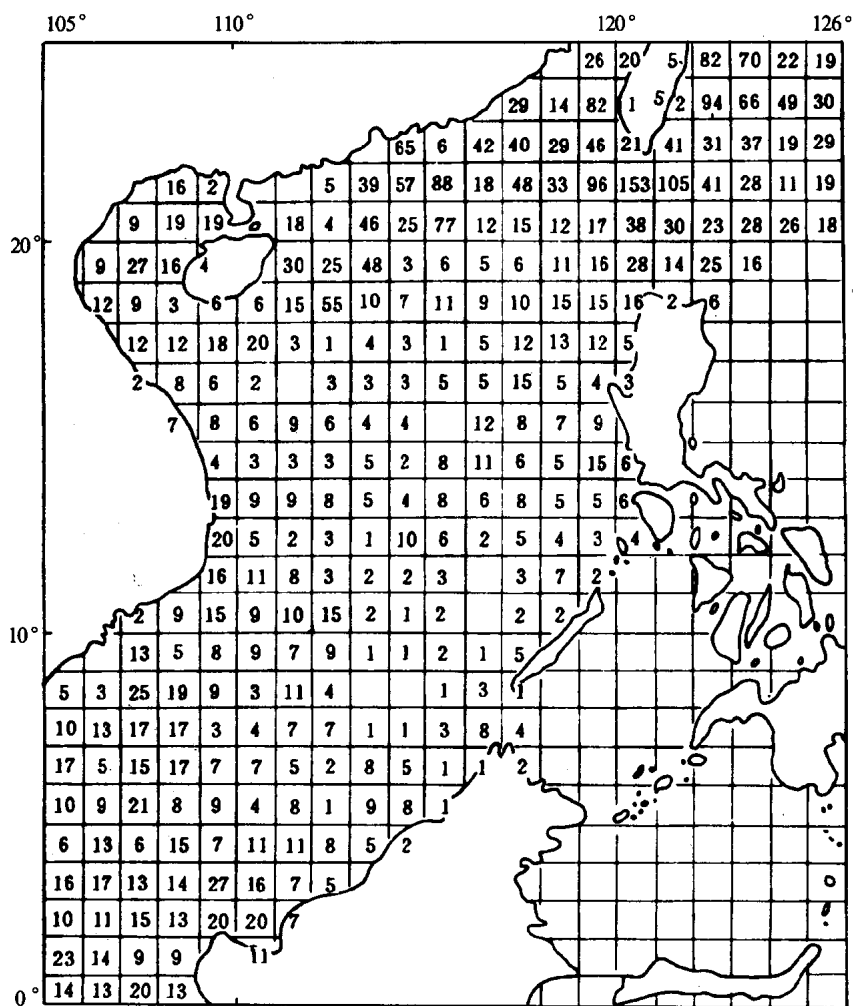


图 2.1 南海调查站次分布图

酸盐和硅酸盐。调查范围包括北部湾、海南岛向东至 $113^{\circ}30'E$ 和向南至 $17^{\circ}N$ 以及广东沿岸至约 100m 水深区域。

在这以后南海进行的较有连续性的调查是由国家海洋局南海分局实施的南海北部海洋断面调查。

调查始于 1977 年,延续至 80 年代,调查范围主要是广东外大陆架区,调查项目有盐度、溶解氧、pH 值等。

除此之外,国内的南海海洋化学调查还见于南海水产研究所和国家海洋局南海分局共同进行的南海北部大陆架外海底拖网鱼类资源调查(1979)。闽南渔场海洋鱼类资源调查队在闽南-台湾浅滩渔场鱼类资源调查(1980)。南海分局在南海中部的海洋综合调查(1988)。厦门大学和福建海洋研究所进行的台湾海峡南部上升流调查(1989)。国家海洋局第三海洋研究所在大亚湾进行的生态零点调查(1988)等。此外更小规模的海洋化学调查多在河口进行,此处就不一一列举了。

作者从 1978 年开始,便一直致力于南海海洋化学的调查和研究。表 2.2 列出作者在南海进行海洋化学调查的一览表。

表 2.2 作者在南海调查一览表

年 月	调 查 内 容	调 查 海 区	年 月	调 查 内 容	调 查 海 区
1978.6—7	综合调查	南海中部	1985.1	海水化学	粤西、海南海岸带
1978.11	综合调查	南海中部	1985.3	河口化学	韩江口
1979.10—11	综合调查	南海中部	1985.3	港湾化学	大亚湾、大鹏湾
1980.10	综合调查	南海东北部	1985.4	海水化学	粤西、海南海岸带
1980.10	海水化学	珠江口	1985.5—6	综合调查	南海南部
1981.1	海水化学	珠江口	1985.6	港湾化学	大亚湾、大鹏湾
1981.1	南海暖流	南海东北部	1985.8—9	上升流生态系	南海北部
1981.4—5	综合调查	南海东北部	1985.10	碳循环	大亚湾
1981.4	海水化学	珠江口	1986.1	碳循环	大亚湾
1981.7	海水化学	珠江口	1986.4—5	综合调查	南海南部
1981.12	综合调查	南海东北部	1986.4	碳循环	大亚湾
1982.6—7	综合调查	南海东北部	1986.5	水化环境	北部湾、海南南部、珠江口外
1982.8	海水化学	粤东海岸带	1986.8	碳循环	大亚湾
1983.2	海水化学	粤东海岸带	1986.11	水化环境	北部湾、海南南部、珠江口外
1984.4	河口化学	伶仃洋、崖门、磨刀门	1987.3—4	碳通量	珠江口
1984.5	综合调查	南海中部	1987.4—5	综合调查	南海南部
1984.7	综合调查	南海南部	1987.6	水化环境	北部湾、海南南部、珠江口外
1984.7	海水化学	粤西、海南海岸带	1987.7—8	综合调查	南海南部
1984.8	河口化学	广海湾、崖门、磨刀门	1988.10	水化学	珠江口外
1984.10	河口化学	崖门、磨刀门、广海湾	1989.5	水化环境	琼东南、文昌外、珠江口外
1984.11	河口化学	韩江口	1989.10	水化环境	珠江口外、琼东南、文昌外
1984.11	河口化学	广海湾、崖门、磨刀门	1989.12	综合调查	南海南部
1984.11	海水化学	粤西、海南海岸带	1990.2	环境综合评价	珠江口外
1984.12	上升流生态系调查	南海北部	1990.5—7	碳通量	南沙海域
1985.1	河口化学	韩江口	1990.6	水化环境	珠江口外、琼东南、文昌外
1985.1	河口化学	伶仃洋、崖门、磨刀门	1990.8	环境综合评价	珠江口外

最后还要提到的是我国台湾省台湾大学海洋研究所的“九连”号于 1970 年和 1971 年夏季在南海进行过两个航次的海洋调查。第一个航次航线是由台湾至泰国,共 25 个测站。然后在南海南部沿西北-东南方向布一条测线,共 11 个测站,整个航次共采水样 396 瓶。第二个航次调查海域是巴士海峡至东沙群岛及菲律宾以西,共布 30 个测站采水 458 瓶。调查项目为盐度、溶解氧、磷酸盐、硅酸盐、亚硝酸盐。其中有 3 个测站进行海水中钠、钾、钙、镁、锂、铷、锶等离子的分析。