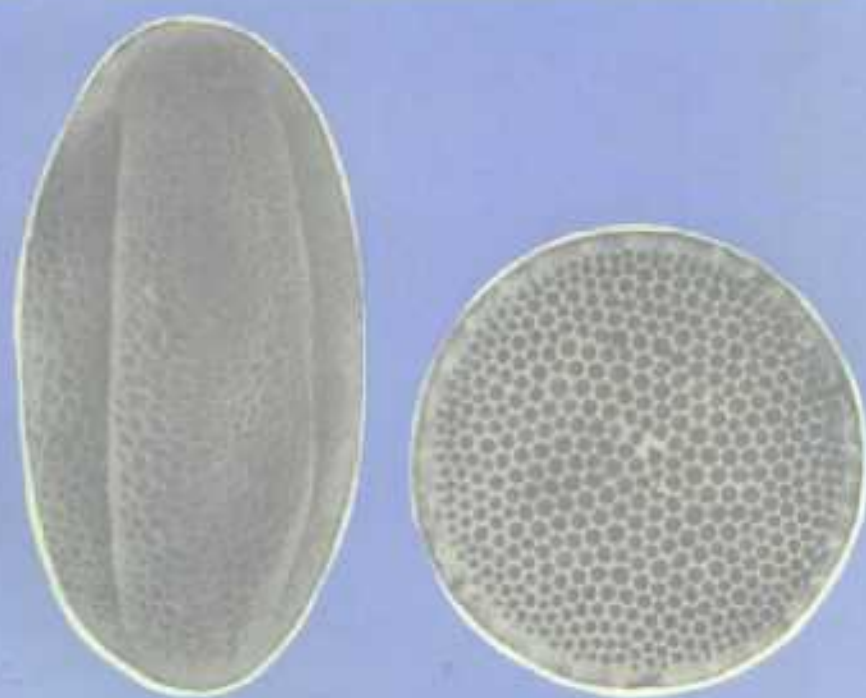


国家自然科学基金资助项目

南海及沿岸地区 第四纪孢粉藻类与环境

王开发 蒋 辉 张玉兰 著

同济大学出版社



石油大学(北京)



200358656

47524

国家自然科学基金资助项目

南海及沿岸地区 第四纪孢粉藻类与环境

王开发 蒋 辉 张玉兰 著



00331494



47524



SJ57/18

同济大学出版社

内 容 简 介

本书为南海及其沿岸第四纪孢粉、藻类与环境研究的学术专著,书中系统介绍了南海表层沉积中的孢粉、藻类的分布规律及孢粉、藻类区。通过大量钻井剖面样品的研究,建立南海中北部及其沿岸第四纪孢粉、藻类组合系列,并确定其地质年代,进行地层划分和对比,同时恢复了各沉积时期的古植物群、古气候和古环境,还对南海孢粉、藻类研究中几个值得注意的问题进行深入探讨。

书中尚详细描述南海主要的孢粉、藻类化石,并附有孢粉、藻类照片15幅图版。

可供海洋地质、孢粉分析、硅藻分析、地层古生物、植物学、第四纪地质、古气候、古地理等有关方面的科研、生产、教学人员参考。

责任编辑 王 利

封面设计 陈益平



国家自然科学基金资助项目



南海及沿岸地区第四纪孢粉藻类与环境

王开发 蒋 辉 张玉兰著



同济大学出版社出版

(上海四平路1239号)

新华书店上海发行所发行 常熟市印刷二厂印刷

开本 787×1092 1/16 插页: 8 印张: 10.5 字数: 268千字

1990年10月第1版 1990年12月第1次印刷

印数 1—500

定价: 8.90元

ISBN 7-5608-0591-4/P·4

序 言

南海是我国目前海上石油勘探与开发的重要海区，而海区及沿岸第四纪沉积研究，是海上石油开发工程地质的重要背景资料。我国南方第四纪孢粉、藻类研究较差，而南海海区第四纪孢粉、藻类研究是空白地区。自 1984 年以来我们先后对南海北部陆架的表层沉积和柱状剖面、南海中部深海区的表层沉积和柱状剖面的孢粉、硅藻以及南海北部沿岸的韩江三角洲、珠江三角洲、雷州半岛、北部湾沿岸等地区的第四纪孢粉进行系统的研究，共分析孢粉、硅藻样品 1,157 个，统计鉴定孢粉、藻类化石 177,050 粒。

通过系统的研究，得出南海中、北部及其沿岸地区第四纪硅藻、孢粉组合系列，再造各时期的古植被和硅藻植物群，从而确定了第四纪以来的植被和海洋硅藻植物群的演替，为该地区的古气候、古环境变化、地层划分与对比以及海洋地质研究等提供了丰富的资料。

热带、南亚热带孢粉、藻类数量丰富，种类繁多，书中系统研究了南海陆架和中部深海盆地表层沉积的硅藻、孢粉分布规律、组合特征及分区，探讨了孢粉组合、硅藻植物群与环境的关系，并对海洋孢粉、硅藻研究中的热带海洋孢粉沉积的特点；南海北部陆缘热带、亚热带第四纪植被演替和植被带移动；结节圆筛藻壳体大小变化及其古地理意义等问题进行深入的探讨。书中附有孢粉、藻类图版 15 幅，并对一些重要的化石进行详细的描述。本书系国家自然科学基金资助项目“南海中、北部及其沿岸地区第四纪孢粉、藻类研究”的最终研究成果。

本书的序言和二、五由王开发撰写，一、三由王开发、蒋辉合写，六由张玉兰、蒋辉撰写，四由王开发、蒋辉、张玉兰所写，孢粉、藻类图版及其说明由张玉兰、蒋辉拍摄和执笔，全书由王开发修改定稿。

本项研究得到地矿部南海海洋地质调查指挥部、国家海洋局第二海洋研究所、科学院南海海洋研究所、广东第一水文地质大队、第二水文地质大队等单位的大力支持，承蒙冯文科、薛万俊、陈俊如、黄镇国、李平日、宗永祥、陈培虹、冯伟文等同志为本项研究提供了宝贵的资料，蒋新禾、沈才明、姚芸、孙煜华等参加了部分研究工作，叶志华分析样品，王秀雅、吴梅英清绘插图，在此一一表示感谢。

目 录

一、南海概况	(1)
二、南海北部沿岸第四纪孢粉组合与古环境分析	(9)
(一) 北部湾沿岸第四纪孢粉组合与古植被、古气候	(9)
(二) 雷州半岛第四纪孢粉组合与古植被、古气候	(14)
(三) 珠江三角洲第四纪孢粉组合与古植被、古气候	(32)
(四) 韩江三角洲第四纪孢粉组合与古植被、古气候	(44)
三、南海中北部表层沉积孢粉、硅藻组合	(55)
(一) 南海中北部表层沉积孢粉组合	(55)
(二) 南海中北部表层沉积硅藻组合	(67)
四、南海中北部晚更新世以来的孢粉、硅藻组合及其地质意义	(80)
(一) 南海陆架晚更新世以来的孢粉、硅藻组合及其古地理	(80)
(二) 南海深海区柱状剖面硅藻、孢粉组合及其古地理	(101)
五、几个问题的讨论	(118)
六、孢粉、藻类化石属种描述	(128)
(一) 藻类	(128)
(二) 蕨类植物	(131)
(三) 裸子植物	(132)
(四) 被子植物	(133)
参考文献	(137)
外文摘要	(144)
孢粉、藻类图版及说明	(145)

一、南海概况

(一) 位置

南海是西太平洋最大的边缘海之一，地处欧亚、太平洋、印度洋三大板块的交汇处，它本身是欧亚板块的一部分。南海北临我国台湾，广东和广西，南至印度尼西亚的苏门答腊与加里曼丹之间的隆起地带，西依中南半岛和马来半岛，东以我国台湾省南端经巴士海峡、菲律宾的吕宋、民都洛岛及巴拉望等岛为边界，面积约 360 万平方公里，几乎等于渤、黄、东海总面积的 3 倍(孙湘平等，1981 年)。

(二) 地形地貌

南海海底地形的总趋势是由北向南倾斜，依次为陆架、陆坡及中央海盆(图 1)。

南海北部陆架是世界上最宽广的陆架之一，一般宽度为 190—230 km，珠江口外最宽可达 278 km，但海南岛南部，陆架宽度明显变窄，仅有 60—70 km。由滨岸向浅海 20 km 宽的范围内，水深一般为 20—30 m，往外深度缓缓增大，至陆架外缘，水深为 109—158 m，一般在 130—150 m 之间。坡度最大不超过 $0^{\circ}3'$ ，最小不足 $0^{\circ}1'$ ，一般在 $0^{\circ}1'40''$ 左右。

南海陆架以 50—80 m 等深线为界可分为内、外陆架两部分，其上有水下三角洲、水下阶地及溺谷等地貌类型。

水下三角洲

主要有珠江、韩江三角洲等，由于受西南向沿岸流及科氏力的影响，平面形态呈现偏西分布的特点。珠江三角洲发育有三个叠置的水下三角洲，现代水下三角洲外缘水深约为 40m，另外两个沉溺的古三角洲发育在水深大于 50m 的海区。

水下阶地

区内发育有 5 级(15—20 m, 30—45m, 50—70m, 80—95m 和 110—120 m)水下阶地。北部湾及粤西陆架区阶地保存较好，阶地相当宽坦。珠江口和粤东陆架区阶地断续分布。80—110 m 左右的水下阶地分布最广。

潮谷

珠江口外的陆架外缘有多道沟谷从陆坡切入大陆架，潮谷延伸大陆架的长度一般可达55—70 km。其中有两道延伸特别远的沟谷似属珠江的古河道。一是担杆列岛外，长138km；另一条从崖门水道向海延伸，长约150 km，它们与现代珠江河网没有直接联系。

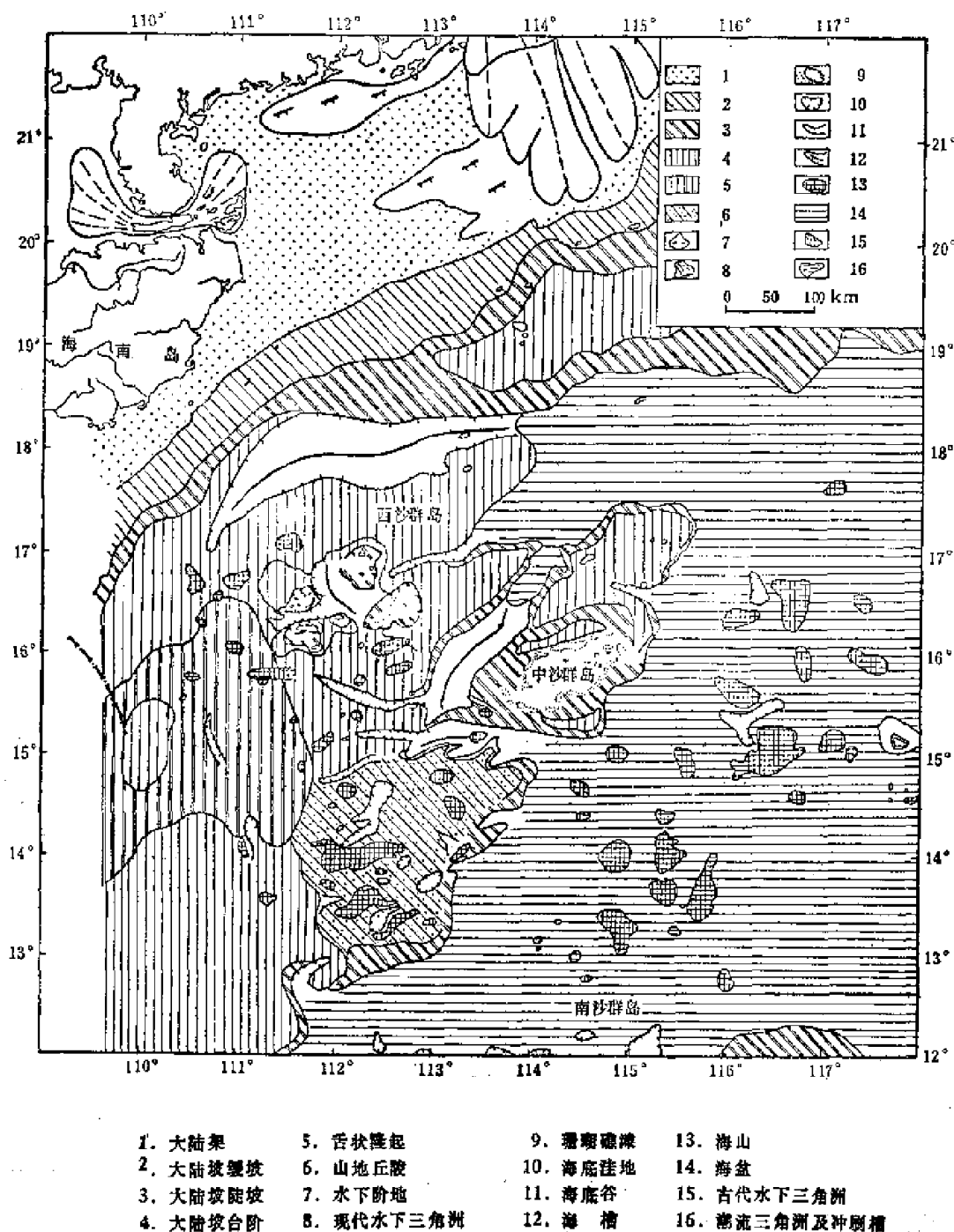


图1 南海中北部海底地貌图

大陆坡是南海分布最广的地貌单元，由于受到不同方向活动断裂的影响，大陆坡呈阶梯状向深海平原节节下降。海底构造复杂，地形起伏很大，并发育有大陆坡缓坡、陡坡、大陆坡台阶、舌状隆起、海底山地丘陵、群岛和海槽等构造地貌类型，将整个大陆坡地形分割得支离破碎。

大陆坡缓坡

大陆坡缓坡沿大陆架外缘分布，实为大陆架和大陆坡间的过渡带，在北部呈北东-南西向延伸，西部近越南东海岸则转向南北，宽度由14 km至88 km不等。

大陆坡陡坡

大陆坡陡坡又分为内缘和外缘，前者是指大陆坡缓坡向大陆坡台阶过渡的坡面，深度不一（300—1,400 m），后者即大陆坡与深海盆地交换处的陡坡面，其终止深度为3,300—4,000 m。

大陆坡台阶

即与大陆坡陡坡相连的平坦面，沿大陆坡内缘的外面断续分布。大陆坡台阶被西沙北海槽分隔为北部大陆坡台阶和西部大陆坡台阶，按其深度大致可归纳为如下五级：300—400 m、1,000 m、1,200—1,500 m、2,200—2,400 m和2,400—2,600 m。

西部舌状隆起

位于越南岷港以东，由西向东延伸，南北宽180—240 km。其顶部是一宽100 km、长110 km的台阶，深度400—450 m，周缘有相对高度为200—300 m的孤立小丘及相对深度为40—50 m的大型凹地。

海底山地丘陵

位于西部舌状隆起东南，是西南大陆坡台阶以东的一种独特的地貌类型，广泛发育有海丘、海山、凹地和海谷。海丘和海山沿2,000 m和3,000 m等深线附近分布，高出海底1,000—2,000 m，顶部最浅的不及900 m，一般为1,000—1,500 m。在陆坡地形较为平缓的地区，还分布有封闭的凹地。

西沙和中沙群岛

位于南海西北部大陆坡上，前者沿北东-南西向展布，长204 km，宽102 km，为水深在800—1,000 m的平缓的西沙台阶，后者实际上是一个巨大的水下环礁，也呈北东-南西向延伸，长141 km，宽55 km。

海槽

仅见于大陆坡，有西沙北海槽、西沙东海槽，中沙南海槽和西沙中海槽，大都位于西沙和中沙群岛周围。

中央海盆以菲律宾仁牙湾向西断续延伸的隆起及西、中沙群岛为界分为北部海盆和南部海盆。

北部海盆的北部与南海北部大陆坡相邻，南与中沙台阶相接，西部大致以3,200 m等深线为界，宽140—180 km，整个海盆十分平坦。

南部海盆的北部以中沙台阶为界，西与大陆坡外缘相邻，南面是南沙群岛的北部陆坡，南北宽约400 km，深度一般在4,000—4,200 m，比北部海盆深。

(三) 沉积物特征

1. 南海表层沉积

南海表层沉积物大致可分为四大类 8 种沉积类型 (图 2)。

陆源碎屑成因类型

(1) 近岸现代陆源泥, 多见于内陆架浅海区 (水深 0—80 m), 以北部湾和珠江口外最显著, 多沿海岸带分布。

(2) 近岸现代陆源砂和粉砂, 在北部、西部常见于内陆架浅海区 (水深 0—80 m), 分布于珠江口东侧和海陵岛、湛江、雷州半岛、海南岛以及越南东侧等的内陆架浅海区, 大体平行于海岸延伸, 与陆源泥呈逐渐过渡关系; 在吕宋岛西侧, 由于近海带地形陡峻, 使沉积物

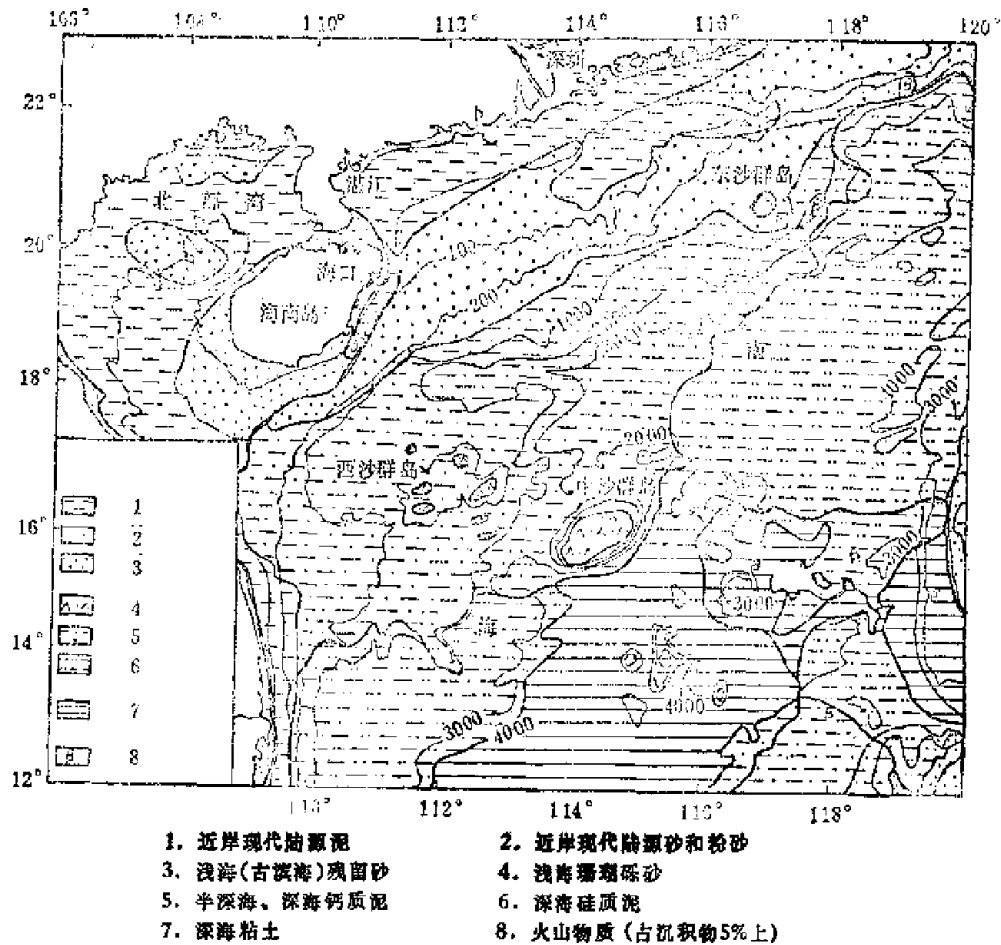


图 2 南海中北部表层沉积物类型

易于向海扩展, 则分布从陆架区延伸到陆坡区 (水深 0—1,000 m), 呈 S-N 向展现, 大体与岛屿方向平行。

(3) 浅海残留砂, 常见于外陆架及其外缘(水深 20—400 m), 多呈 NE 方向延伸, 大体与海岸线平行。主要分布于海南岛以东至台湾海峡一带, 部分见于北部湾, 常为现代陆源泥、砂等逐渐覆盖, 向海一侧逐渐过渡为半深海—深海钙质泥。

生物源成因类型

(4) 浅海珊瑚砂砾, 主要见于东沙、西沙、中沙群岛及黄岩岛等地, 部分在雷州半岛南端及海南岛东南部和西北部的海滨, 多分布于岛架浅海区(水深 0—400 m)。

(5) 半深海—深海钙质泥, 多见于陆坡区, 部分见于东南边缘, 水深一般为 400—2,000 m, 以 NE 方向分布为主, 大体平行于海岸, 由西向东分布范围逐渐缩小成楔形。其在浅水一侧与残留砂, 而在深水一侧与硅质泥都呈渐变关系。

(6) 深海硅质泥, 分布于下陆坡—深海盆, 水深一般为 2,000—4,000 m, 呈近 S-N 方向分布, 与下陆坡—深海盆地地形方向基本一致。其南部被深海粘土和火山物质沿 E-W 方向隔开。

生源—陆源成因类型

(7) 深海粘土, 见于中沙群岛、黄岩岛以南至西吕宋海槽一带的深海盆中, 水深大于 4,000 m, 呈 E-W 向分布, 其西北部、东南部与半深海—深海钙质泥、深海硅质泥成渐变关系, 东部又与火山物质呈渐变接触。

火山—生源—陆源成因类型

(8) 主要见于黄岩岛附近的深海盆中, 水深 2,000—4,000 m, 部分见于台湾浅滩以南的外陆架和东沙群岛东南的上陆坡, 前者呈 E-W 向分布, 后者呈 S-N 向和 N-E 向分布。

2. 南海北部沿岸第四系沉积

本区第四系沉积自下而上可分为下更新统湛江组、中更新统北海组、上更新统陆丰组/田洋组及全新统沉积。

湛江组分布在雷琼地区, 组成本区最高一级海积阶地, 为一套未胶结的松散的白色、灰白色砂砾、细砂、粉砂和粘土互层。以滨海沉积为主, 包括有河流冲积、湖沼沉积、三角洲沉积和浅海沉积的复杂沉积层, 局部地区有早期火山活动, 一般厚度 30—50 m, 最大厚度 70—80 m。底部有一层 0.5—5 m 的风化壳。

北海组广泛分布在雷琼地区, 组成海拔 25—40 m 的三级阶地。可分为下部砾石层和上部砂壤层。上、下两层分别形成风化程度不同的风化壳, 且上、下层之间有明显的侵蚀面。厚度一般为 5—10 m。底部有一层厚约 2—11 m 的花斑状粘土和棕红色砂层风化壳或火山岩风化壳(10—20 m)。

陆丰组/田洋组分布在粤东沿海、琼东北沿海地区, 以组成二级海积阶地的滨海相砂质沉积为代表, 以及二级洪—冲积阶地的洪—冲积层、二级冲积阶地的冲积层、洞穴堆积以及晚期火山堆积等。

全新统地层表现为玄武岩红壤型风化壳、崩积、滑坡、堆积、冲积、三角洲堆积、海积、火山堆积、火山湖沉积、珊瑚礁堆积等多种类型。在以田洋、青桐洋、九斗洋为代表的火山口湖盆相沉积中, 岩性为灰黑色淤泥质粘土、粘土、亚粘土夹泥炭层, 厚度达 3—40.11 m, 与下伏田洋组地层呈不整合接触。

(四) 海洋水文

1. 海流

在广东外海有一支逆风流,即南海暖流,其主流轴的最大表层流速约为58 cm/s(据1981、1982年中科院南海海洋研究所实测资料),其流幅和流量也较小,且具有明显的空间变异。主流轴的位置在东沙群岛以西大体位于600 m以浅的区域,在东沙群岛以东,则大约位于1500 m以浅区域。

冬季,在南海暖流主流轴的右侧,有一支较强的SW向海流存在,和南海暖流相比较,它具有流速较强,流量较大和流幅较宽及厚度较大的特点,可能是黑潮在其源地通过巴士海峡进入南海的一个分支。

南海在夏季盛行西南风,冬季盛行东北风,由于季风的方向同南海的纵轴基本一致,因而对于漂流的发展特别有利。自海面至约200 m深的水层,海流受季风所控制,不论海流的路径、方向和强度,均随季风而变。西南季风期间全区为东北流,东北季风期间南海大部分区域为西南流。

南海的两大海湾—暹罗湾和北部湾的环流性质与其他区域不同,终年为气旋式循环,方向不随季风改变。北部湾的流速夏季为0.2—0.4节,冬季略强,约为0.2—0.6节,在琼州海峡和岛屿附近的海流最强,流速可达一节以上。

2. 水团

南海外海水团,是太平洋水团进入南海后变性而成的,主要分布在南海海盆区,在垂南方向上可分成南海表层水、南海次表层水、南海中层水和南海深层水。南海表层水占据着直海表层的大部分,是垂直分布均匀的高温水,平均厚度约50 m,温度和盐度的变化范围同别为22—31°C和32.5—34.5‰,其北部同广东沿岸水团和北部湾沿岸水团相接,其南部分湄公河和湄南河入海迳流形成的沿岸水团毗邻,在巴士海峡则与太平洋表层水相连。南海次表层水位于南海表层水之下,厚度约200 m,亦具有高盐特征,平均盐度不小于34.5‰,其温度随深度而降低很快,垂直变化范围在13—24°C之间。南海中层水在次表层水之下,垂直伸展可达千米深处,是一个低盐水体,以具有盐度极小值为其特征。南海深层水盘踞于南海海盆的深处,温度低于4°C,盐度在34.5—34.8‰之间。

广东沿岸水为珠江、韩江及粤西各河等入海淡水与海水混合而成,分布在雷州半岛至汕头附近水深40 m的浅水区,其外侧是南海外海水团,东北部与闽台沿岸水相邻。在4月—8月,由于在海丰外面有高盐、低温的南海次表层水涌升到海面,而将它分隔成两部分,分别称为粤东沿岸水和粤西沿岸水。

北部湾沿岸水分布在雷州半岛至越南北部一带,沿岸江河特别是红河的入海迳流对它的消长影响很大,盐度低,一般小于32.5‰,河口附近低于30‰,温度垂直分布终年均匀,

但季度变化大，冬季最低温度为 15°C 左右，夏季最高温度在 29.5°C 上下。

(五) 植 被 与 气 候

南海北部陆缘的广东、广西沿岸、海南岛以及东沙、中沙、西沙、南沙诸岛从气候和植被上可划分为三带(图3)：

1. 季风热带、赤道热带珊瑚岛植被与气候

南海诸岛地处低纬，北部的东沙、中沙和西沙群岛属于季风海洋气候。南沙群岛属赤道气候，温度高而稳定，年平均温度为 $25-28^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均温都在 20°C 以上。年降雨量

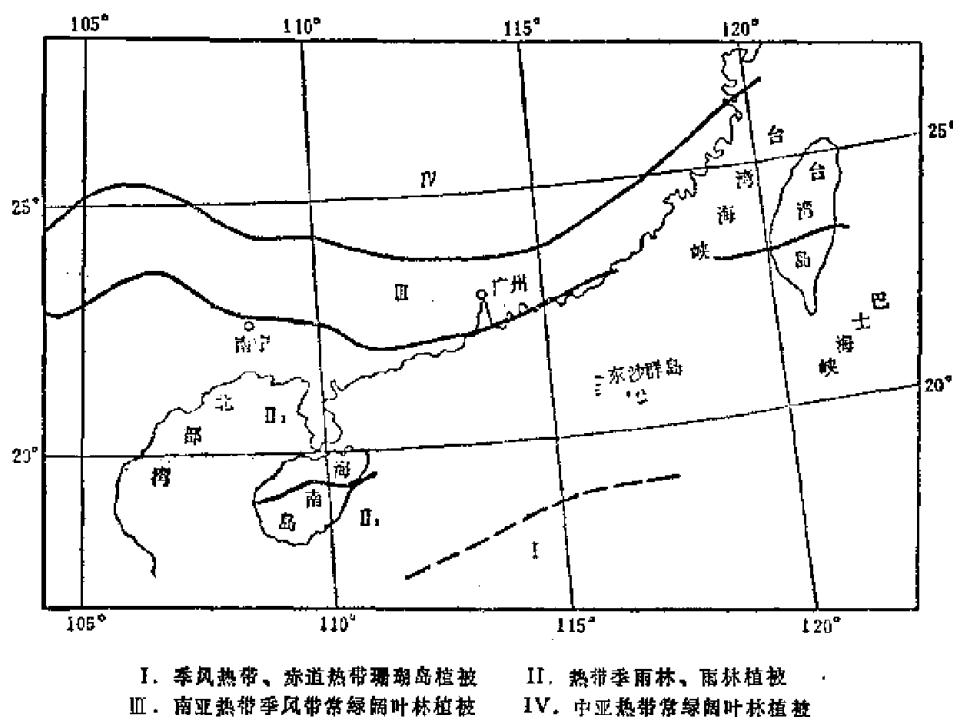


图3 南海中北部及陆缘植被图

为 $1,400-2,200\text{ mm}$ ，年雨量变率大，6月—11月为雨季，占全年雨量的 85.7% ，12月至翌年5月为旱季，有干湿季之分。

主要植物有茉莉科、茜草科、紫草科、马鞭草科、千屈菜科、藤黄科和禾本科，其常绿林主要为白避霜、麻疯桐、海岸桐、草海桐等组成单纯林，林下植物有蕨类和莲座蕨。

2. 北热带季雨林、雨林植被与气候

南海的广东、广西沿岸、雷州半岛和海南岛等地，由于地处低纬，水热条件丰富，年平均温度为 $22-25.5^{\circ}\text{C}$ ，最冷月均温为 $14-20^{\circ}\text{C}$ ，绝对最低温度为 $2-5^{\circ}\text{C}$ 。全年无霜，雨量丰沛，年雨量一般在 $1,500-2,000\text{ mm}$ ，雨季集中于夏秋，4月—10月占全年雨量 85% ，干

湿季差异较明显。

本区植物种类成份丰富，雨林的组成种类有龙脑香科的龙脑香、青皮坡龟，其他还有梧桐科的银叶树，苹婆 (*Sterculia nobilis*)、楝科的葱臭木、白米兰、桑科的榕树、佳木、无患子科、四不木科等。次层乔木有大戟科的核果木、使君子科的榄仁树、远志科的黄叶树等。草本的木质藤本有番荔枝科、茜草科、藤黄科、使君子科、夹竹桃科、萝藦科、桃金娘科、马鞭草科、棕榈科、蝶形花科等。

热带季雨林的成份有大戟科的重阳木、核果木、楸科的海南楸、无患子科的细白龙、楝科的山楝、桑科的榕树、榆科的白榆树、漆树科的檳榔青、樟科的厚壳桂、梧桐科的多种草蓆、山榄科的紫荆木等，下木本层主要为茜草科、芸香科、紫金牛科、柿树科、番荔枝科、樟科、大戟科和桃金娘科等。也有一些落叶成分混生如木柿科的木柿、含羞草科的合欢、金合欢、楝科的麻楝、八角枫科的八角枫等。

3. 南亚热带季风常绿阔叶林与气候

本区气候具有较明显的热带季风气候，高温而年差较大，多雨而季节不均，年中有较明显的干湿季之分，年平均温度为 21—22°C，1 月均温度为 12—14°C，绝对最低温度在 0°C 以上，绝对最高温度为 37—40°C。降水丰沛，年雨量为 1,500—1,700mm，山区可达 2,000mm。夏季多雨，冬季略干。

植被组成成份复杂而多样，优势种类为壳斗科的栲属（刺栲、华栲、华南栲和柑栲）、青冈属和樟科的热带属种，以及金缕梅科、山茶科为主，并杂有藤黄科、番荔枝科、桃金娘科、大戟科、桑科、橄榄科、无患子科、楝科、梧桐科、茜草科、紫金牛科、夹竹桃科、棕榈科、红树科等，林下植物有野芭蕉、杪罗以及白藤、倪藤等。

组成植被的优势成份有桑科、桃金娘科、番荔枝科、无患子科、大戟科、棕榈科、梧桐科、豆科和樟科。其中还有一些典型的热带科如龙脑香科、内豆蔻科、红树科和猪笼草科等。

二、南海北部沿岸第四纪孢粉组合与古环境分析

几年来对南海北部沿岸地区的北部湾沿岸、雷州半岛、珠江三角洲、韩江三角洲等地的第四纪沉积，进行了系统的孢粉研究，详细情况如下：

(一) 北部湾沿岸第四纪孢粉组合与古植被、古气候

北部湾沿岸第四纪沉积有下更新统湛江组，为杂色粗碎屑夹粘土质粉砂和泥炭层。中更新统北海组，其下部为黄褐色、红棕色砂砾层，上部是棕色、棕黄色粘土质砂。上更新统沉积为黄褐色、棕黄色粘土质粉砂与砂砾层。全新统为海相及冲积、坡积-残积等各种成因类型的沉积物。

1. 孢粉组合特征

对北部湾沿岸第四纪沉积物的 25 个剖面 80 多个孢粉样品（图 4）进行了系统研究，发现的孢粉化石主要有：

樟科（*Lauraceae*）、桑科（*Moraceae*）、无患子科（*Sapindaceae*）、番荔枝科（*Annonaceae*）、山龙眼科（*Proteaceae*）、蒲桃（*Syzygium*）、棕榈科（*Palmae*）、杨梅

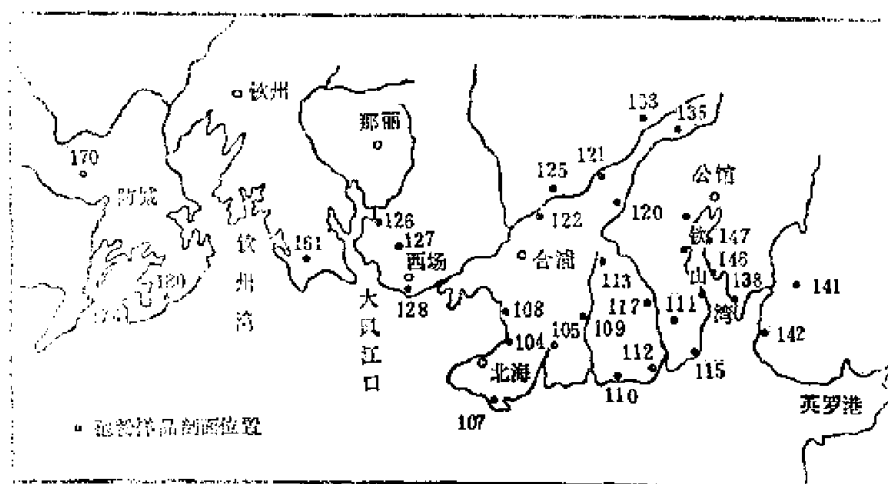


图 4 北部湾沿岸第四纪孢粉样品位置图

属（*Myrica*）、山矾科（*Symplocaceae*）、杜英科（*Elaeocarpaceae*）、栲（*Castanopsis*）、栎（*Quercus*）、芸香科（*Rutaceae*）、枫香（*Liquidambar*）、黄杞（*Engelhardtia*）、木

兰 (*Magnolia*)、大戟科 (*Euphorbiaceae*)、冬青 (*Ilex*)、平婆属 (*Sterculia*)、大风子科 (*Flacourtiaceae*)、合欢属 (*Albizia*)、柳 (*Salix*)、榆 (*Ulmus*)、栗 (*Castanea*)、苏铁 (*Cycas*)、杉木属 (*Cunninghamia*)、落羽杉属 (*Taxodium*)、泪杉属 (*Dacrydium*)、松 (*Pinus*)、红树科 (*Rhizophoraceae*)、桃金娘科 (*Myrtaceae*)、萝藦科 (*Asclepiadaceae*)、夹竹桃科 (*Apocynaceae*)、禾本科 (*Gramineae*)、菊科 (*Compositae*)、蒿属 (*Artemisia*)、莎草科 (*Cyperaceae*)、豆科 (*Leguminosae*)、毛茛科 (*Ranunculaceae*)、桫欏属 (*Cyathea*)、海金沙属 (*Lygodium*)、蚌壳蕨科 (*Dicksoniaceae*)、水龙骨科 (*Polypodiaceae*)、凤尾蕨属 (*Pteris*)、里白属 (*Hicriopteris*)、紫萁属 (*Osmunda*)、铁线蕨 (*Adiantum*)、蕨属 (*Pteridium*)、金毛狗 (*Cibotium*)、金蕨 (*Acrostichum*) 等。

(1) 湛江组孢粉组合

湛江组下部砂砾层和上部粘土层、泥炭层的孢粉组合各有差异，按这种差异，可分为两个组合：

樟科 (*Lauraceae*)—山龙眼科 (*Proteaceae*) 孢粉组合

本组合见于砂砾层。孢粉以热带、南亚热带的木本花粉占优势，达总数的 44—49.5%，孢子次之，占总数的 37—48.5%，草本花粉最少，仅 3.5—13%。在木本花粉中以樟科、桑科、山龙眼科、无患子科、大风子科、杜英科、冬青科和杨梅为多，也有少量的泪杉、罗汉松、山合欢、黄杞、平婆、蒲桃、棕榈等，并混有一定数量亚热带的栲、栎等。孢子是以热带的桫欏科、海金沙属、蚌壳蕨为主要。草本花粉数量很少，仅见有少量的禾本科、莎草科、豆科等 (图 5)。

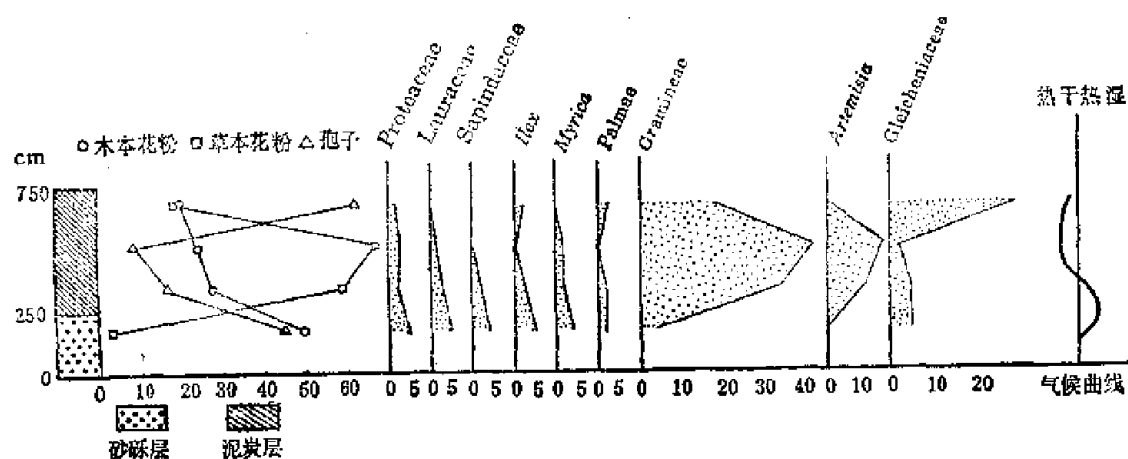


图 5 湛江组 Fe-127 剖面孢粉图式

禾本科 (*Gramineae*)—里白属 (*Hicriopteris*) 或蒿属 (*Artemisia*)—山龙眼科 (*Proteaceae*) 孢粉组合

本组合见于粘土粉砂、泥炭层。孢粉以草本花粉占优势，有些样品是以里白孢子居首位，木本花粉较少。草本花粉是以禾本科、蒿属为主，孢子是以里白科占绝对优势，其他尚有菊科、豆科、毛茛科、三白草、凤尾蕨、铁线蕨、水龙骨科等，木本花粉有少量的桑科、无患子科、山龙眼科等 (图 5)。

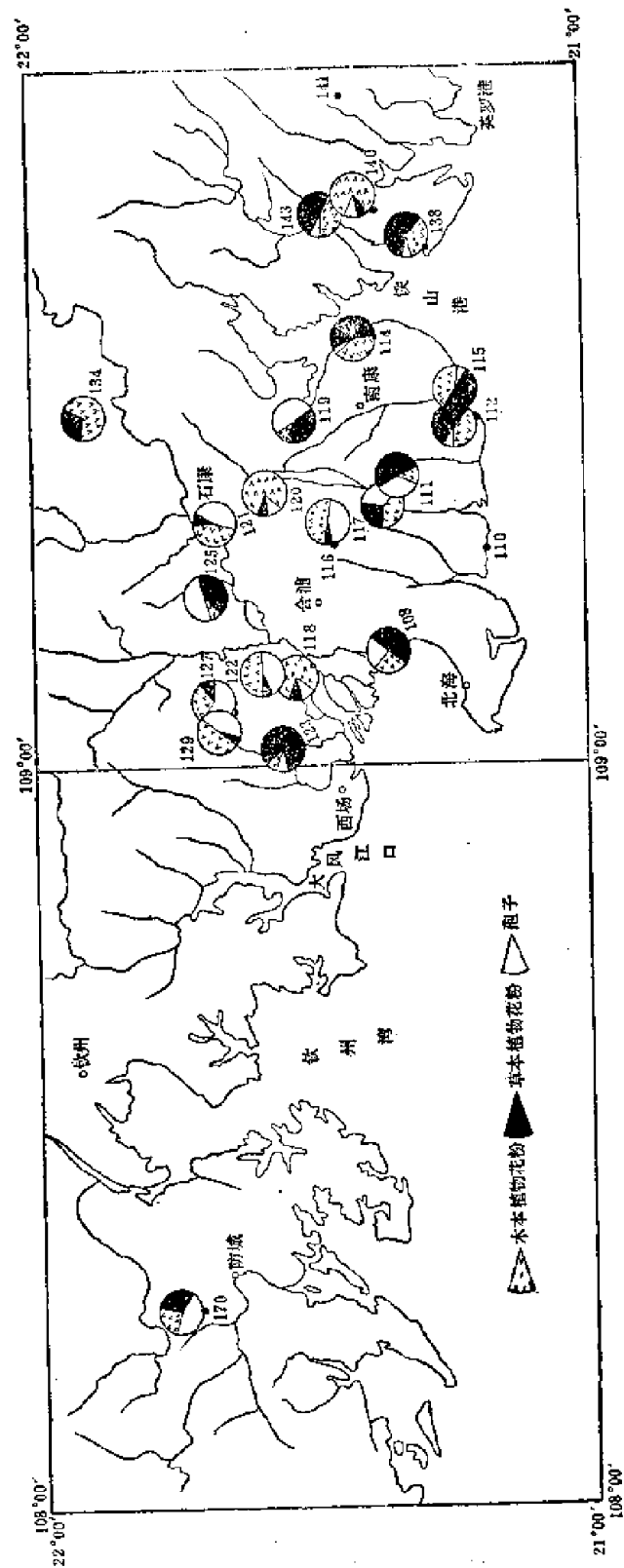


图 6 北部湾沿岸北海组及其以上地层的孢粉组合

(2) 北海组孢粉组合

在北海组中分析的剖面 and 样品较多, 化石亦较丰富, 但下部砂砾层和上部的粘土粉砂层孢粉组合具有显著不同的特点:

下部砂砾层为无患子科 (*Sapindaceae*) - 苏铁 (*Cycas*) - 番荔枝科 (*Annonaceae*) 孢粉组合。

组合中以热带木本花粉占优势, 为总数的 51—81.8%, 孢子其次, 占 2.7—38%, 草本花粉最少, 占 2.7—14% (图 6), 组合中的成份和湛江组下部有些近似, 但苏铁科、棕榈科、番荔枝科、山矾科、萝藦科等花粉显著增多, 无患子科、樟科、桑科、大戟科等有相当多数量, 其他尚有杉木、泪杉、枫香、栲等。孢子中仍以喜热湿的桫欏科、海金沙属、水龙骨科、鳞盖蕨为主, 而蚌壳蕨仅是个别出现, 草本花粉只有少量的禾本科等。

上部粘土质粉砂为禾本科 (*Gramineae*) - 蒿属 (*Artemisia*) - 桃金娘科 (*Myrtaceae*) 孢粉组合。

本组合以草本花粉占优势, 为总数的 34.5—85%, 有的地区的样品孢子所占比例很大, 达总数的 13—80%, 木本花粉数量很少 (图 6)。草本花粉中以禾本科、蒿属、菊科、毛茛科为主要, 灌木的桃金娘、夹竹桃、铃木、大戟科数量亦较多, 蕨类孢子以里白科最多, 其他尚有凤尾蕨、铁线蕨等, 组合中只有少量的桑科、樟科、无患子科、山龙眼科、棕榈科等木本花粉。

(3) 上更新统孢粉组合

上更新统的孢粉样品分析较少, 砂砾层和粘土粉砂仍具有不同特点的孢粉组合。

砂砾层: 桑科 (*Moraceae*) - 苏铁属 (*Cycas*) - 棕榈科 (*Palmae*) 孢粉组合

组合中木本花粉居首位, 为总数的 72%, 草本花粉占 28%, 未见孢子。木本花粉有桑科、苏铁属、番荔枝科、无患子科、合欢属、芸香科、棕榈科等。藤本植物花粉萝藦科有相当数量, 草本花粉有禾本科等。

粘土质粉砂层: 禾本科 (*Gramineae*) - 里白属 (*Hicriopteris*) - 无患子科 (*Sapindaceae*) 孢粉组合

孢粉组合以孢子和草本花粉为主要, 木本花粉很少。其中以孢子的里白属、蕨属、水龙骨科最为重要, 草本花粉以禾本科为最多, 并有一定量的藜科、毛茛、葶草。木本花粉有少量的无患子科、山龙眼科、番荔枝科和桑科, 和一定数量灌木的桃金娘、铃木和冬青。

全新统孢粉组合: 禾本科 (*Gramineae*) - 里白属 (*Hicriopteris*) - 桃金娘科 (*Myrtaceae*) - 山龙眼科 (*Proteaceae*) 孢粉组合

在全新世沉积物中仅分析了少量样品, 其组合以孢子占第一位, 达总数的 47.5%, 草本花粉为 27.7%, 木本花粉占 25.2%。孢子以里白科最多, 其他尚有凤尾蕨、水龙骨科等。草本花粉以禾本科为主, 木本花粉有少量的桑科、山龙眼科和灌木的桃金娘科、夹竹桃科、铃木等。

2. 古植被与古气候演变

从以上孢粉组合的研究看出, 北部湾沿岸第四纪时期, 其古植被、古气候演替具有明显变化的七个阶段 (表 1, 图 7.):