

国家自然科学基金资助项目

渤海沉积孢粉藻类 组合与古环境

王开发 等著

地质出版社



073442



200358415



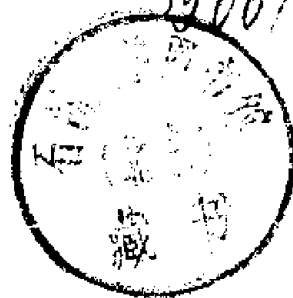
00601498

国家自然科学基金资助项目

Q913.84/010

渤海沉积孢粉藻类组合与古环境

王开发 等著



地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书系统介绍了渤海表层沉积中孢粉、硅藻、有机质孢粉相、硅酸体的分布规律,并划分了孢粉、硅藻、有机质孢粉相分布区。根据柱状沉积的孢粉组合研究,借助计算机运算,应用因子分析、系统聚类、模糊聚类、对应分析等数理统计方法划带,建立了渤海晚第四纪的 9 个孢粉综合带和 6 个亚带,恢复其古植被、古气候演替的 9 个阶段,结合有机质孢粉相和硅酸体组合探讨了其古地理环境和海陆变迁,为渤海第四纪古环境研究提供了宝贵资料,丰富了我国海洋孢粉学的研究。

本书可供从事海洋地质、孢粉分析、化石藻类、地层古生物、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。

国家自然科学基金资助项目
渤海沉积孢粉藻类组合与古环境

王 开 发 等著

*

责任编辑:郁秀荣

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 9.375 字数: 228000

1993 年 6 月北京第一版·1993 年 6 月北京第一次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 14.50 元

ISBN 7-116-01344-X/P·1113

序 言

渤海是深入我国北部大陆的内海，是我国目前海上石油勘探与开发的重要海区，而第四纪沉积研究，是海上石油开发的重要背景资料，渤海沉积孢粉、藻类研究更是我国大陆架孢粉、藻类研究重要的组成部分。1979 年以来我们先后对渤海表层沉积和柱状样品进行了系统的孢粉、藻类以及有机质孢粉相、硅酸体等分析研究。

通过系统研究获得渤海表层沉积的孢粉、硅藻、有机质孢粉相、硅酸体的分布规律，并划分了孢粉、硅藻、有机质孢粉相分布区。根据柱状沉积的孢粉组合研究，借助计算机运算，应用因子分析、系统聚类、模糊聚类、对应分析等数理统计方法划带，建立了渤海晚第四纪的 9 个孢粉综合带和 6 个亚带，恢复其古植被、古气候演替的 9 个阶段，结合有机质孢粉相和硅酸体组合探讨了其古地理环境和海陆变迁，为渤海第四纪古环境研究提供了宝贵资料，丰富了我国海洋孢粉学的研究。

书中还对渤海孢粉研究中的孢粉浓度与古环境，海洋沉积中再沉积孢粉化石，刺球藻在古环境研究中的意义，应用对应分析定量研究古气候探讨，渤海全新世下限，渤海长岛古人类活动对植被的影响等问题进行了深入的探讨。

本书为国家自然科学基金项目“更新世陆架孢粉、藻类沉积模式”研究成果的一部分。在研究过程中得到国家海洋局环保所、第一海洋研究所、中科院海洋研究所、渤海石油公司工程地质研究室、青岛海洋大学等单位大力支持和帮助。叶志华分析样品，吴梅英清绘插图，在此表示衷心感谢。

目 录

一、渤海概况	王开发 (1)
(一) 位置	(1)
(二) 海底地形地貌	(1)
(三) 海底沉积物	(4)
(四) 水动力	(5)
(五) 渤海沿岸气候与植被	(6)
二、渤海表层沉积孢粉、藻类组合	(8)
(一) 渤海表层沉积孢粉组合	王开发 (8)
(二) 渤海表层沉积硅藻组合	蒋 辉 (16)
三、渤海晚更新世以来的孢粉组合	
..... 王开发、张玉兰、药淑名、金小凤、孙试斌、吕厚远、羊向东	(23)
四、渤海沉积有机质孢粉相组合	吴国琮 (78)
(一) 渤海表层沉积有机质孢粉相分布规律研究	(78)
(二) 渤海晚更新世以来有机质孢粉相组合	(81)
五、渤海沉积植物硅酸体组合	吕厚远、王永吉 (87)
(一) 渤海表层沉积植物硅酸体组合	(87)
(二) 渤海晚更新世以来沉积的植物硅酸体组合	(91)
(三) 问题讨论	(97)
六、渤海晚更新世以来的古环境变迁和地质时代	王开发 (99)
七、渤海研究中几个问题的探讨	王开发 (106)
(一) 孢粉浓度与古环境分析	(106)
(二) 海洋沉积中再沉积孢粉化石的意义	(108)
(三) 刺球藻在古环境研究中的意义	(112)
(四) 应用对应分析定量研究古气候的探讨	吕厚远、羊向东 (114)
(五) 渤海全新世下限讨论	(124)
(六) 渤海长岛古人类活动对植被的影响	(125)
参考文献	(128)
英文摘要	(135)
渤海孢粉图式中常用拉丁学名	(136)
图版说明及图版	张玉兰等 (137)

Contents

I . Aspects of the Bohai Sea	<i>Wang Kaifa</i> (1)
II . Spore-pollen and algal assemblages in the surface sediments of the Bohai Sea	<i>Wang Kaifa and Jiang Hui</i> (8)
III . Spore-pollen assemblages of the Bohai Sea since the Late Pleistocene	<i>Wang Kaifa, Zhang Yulan, Gou Shuming, Jin Xiaofeng, Sun Shihin, Lü Houyuan, Yang Xiangdong</i> (23)
IV . Sedimentary organic matter assemblages in the sediments of the Bohai Sea	<i>Wu Guoxuan</i> (78)
V . Opal phytolith assemblages in the sediments of the Bohai Sea	<i>Lü Houyuan, Wang Yongji</i> (87)
VI . Variations of palaeogeography of the Bohai Sea since the Late Pleistocene	<i>Wang Kaifa</i> (99)
VII . Discussion on the several problems of palynology of the Bohai Sea	<i>Wang Kaifa, Lü Houyuan, Yang Xiangdong</i> (106)
References	(128)
Abstract in English	(135)
Names of Spores and Pollen appearing in this book	(136)
Explanations of Plates and Plates	<i>Zhang Yulan et al.</i> (137)

一、渤海概况

(一) 位置

渤海为深入我国北部大陆的内海，位于北纬 $37^{\circ}07'$ — $41^{\circ}0'$ 、东经 $117^{\circ}35'$ — $121^{\circ}10'$ 之间，东以老铁山角和蓬莱角连线与黄海分界，为辽东半岛和山东半岛所环抱（图1），南北长约300海里，东西宽约160海里，面积为 7.7万 km^2 。

(二) 海底地形地貌

渤海由辽东湾、渤海湾、莱州湾、中央盆地和渤海海峡组成（图1），海底地形从三个海湾向渤海中央和渤海海峡方向倾斜，坡度平缓，平均坡度为 $0^{\circ}0'28''$ ，是我国水深最浅的领海，平均水深只有18m，领海的26%在水深10m以内，中央盆地最深处只有30m，在渤海海峡的老铁山水道，由于进出潮流的冲刷，局部出现水深达80m的冲刷潮沟，除大连港外，近岸水深多在10m左右（图2）。

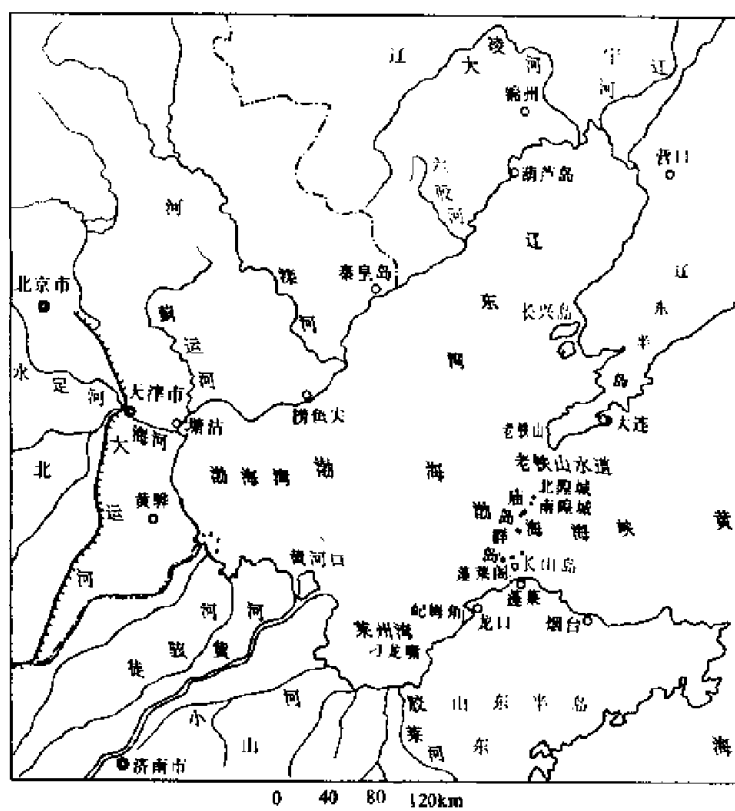


图1 渤海位置图

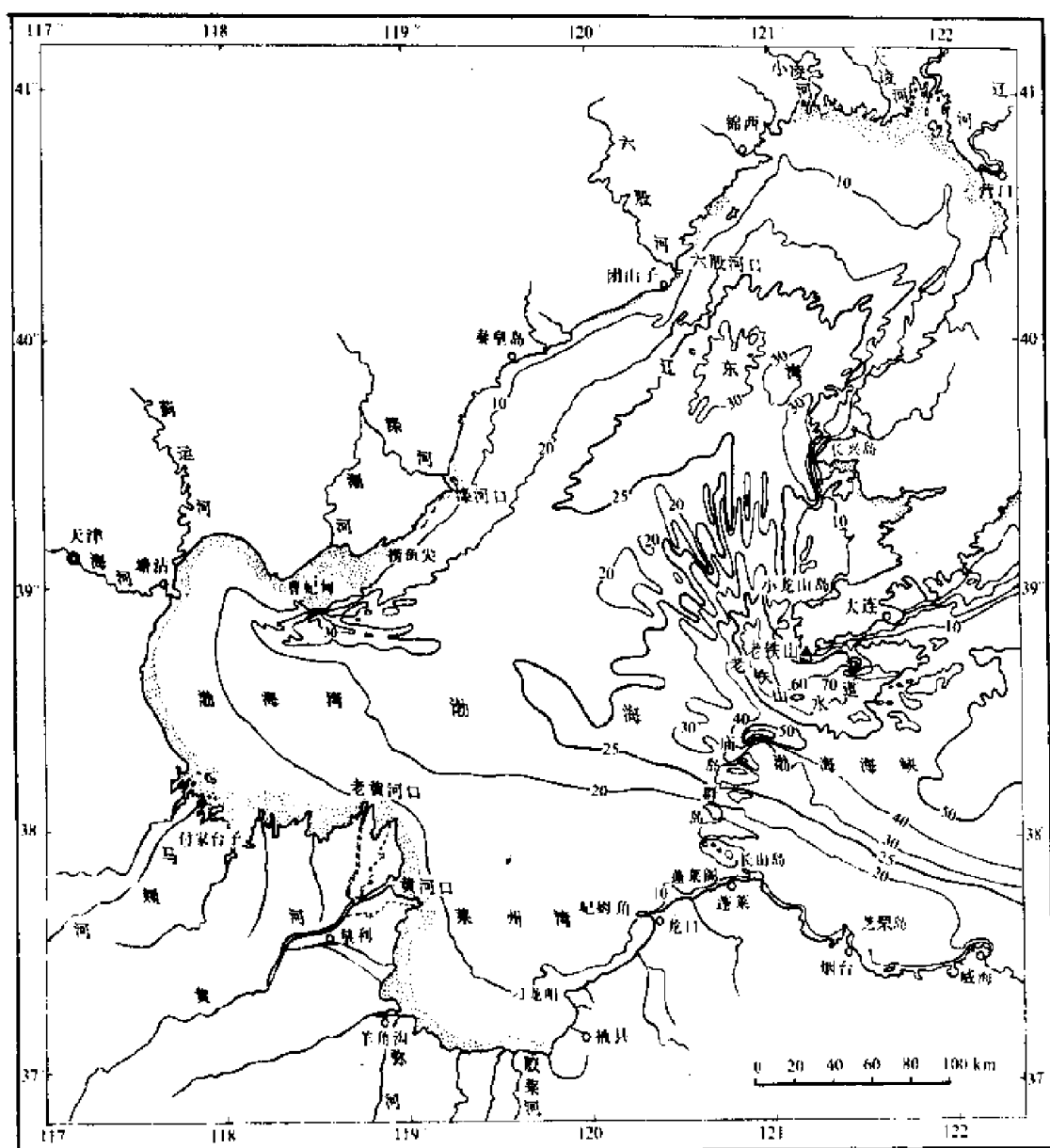


图 2 渤海海底地形图

(据中科院海洋研究所, 1985年)

辽东湾位于渤海北部, 地形从湾顶及两岸向中央倾斜, 其东侧较两侧为深, 最大水深30余米, 辽东湾分布着粒度较细的粉砂质软泥和粘土质软泥。

渤海湾位于渤海西部, 湾底地形从湾顶向渤海中央倾斜, 湾内水深较浅, 一般小于20m, 由于受黄河和海河带来物质的影响, 渤海湾形成了我国最宽的潮间带。

莱州湾位于渤海的南部, 莱州湾因黄河三角洲向海凸出与渤海湾分开成为独立的海湾, 湾内地形平坦, 略向渤海中央倾斜, 湾内水深一般为10—15m。

渤海中央盆地位于渤海中央地区, 为一四边形, 地形比较平坦, 水深一般为20—25m,

最大水深28m（近30m），分布着砂质粘土软泥和粘土质软泥。

渤海海峡系辽东半岛南端老铁山西南至山东半岛蓬莱县登州头一段水域，宽约57海里，庙岛列岛横亘于海域中部，把海峡分成6个主要的水道，各水道的宽度、深度各不相同（表1），总的是北面水道宽而深，南面水道窄而浅，在渤海范围内，渤海海峡是地形起伏最骤之处，也是海流流速最大之处，在海峡底部，几乎很少沉积，大部分为基岩裸露，只在靠近南部的长山水道底部才有薄层第四纪松散沉积。

表 1 渤海海峡各水道数据

水道名称	地 区	海峡宽度 (海里)	海峡水深 (m)
老铁山水道	老铁山西南角—北隍城岛间	22	50—65（最大水深达80m）
小钦水道	北隍城岛—大钦岛间	10	约45
大钦水道	小钦岛—大钦岛间	2	34
北砣矶水道	大钦岛—砣矶岛间	5—6	30—45
南砣矶水道	砣矶岛—北长山岛间	10	20
登州水道	南长山岛—登州头间	3—4	12—20

渤海的海底地貌具有多类型、多成因特色，根据地貌发育因素及其所塑造的地貌类型，可分为南北两大地貌组合，即南部堆积平原地貌组合和北部侵蚀—堆积波状平原地貌组合，分叙如下：

1. 海积地貌

(1) 滨岸水下浅滩：分布于莱州湾顶及西部水深5m等深线内。

(2) 潮流堆积：主要为辽东湾口的辽东浅滩，由分选良好、稳定矿物富集的细砂沉积，组成规模巨大的水下沙脊与潮沟相间的呈扇形分布的潮流堆积地貌。辽东浅滩上的砂质沉积物是早期滨海残留沉积。

(3) 浅海堆积平原：分布于渤海中央盆地，地形极为平坦，沉积物以粉砂为主。

(4) 海湾堆积平原：主要在渤海湾、莱州湾及辽东湾的大部地区，海底平缓，沉积物系泥质粉砂、粉砂质粘土及粘土质软泥。

(5) 滨岸倾斜平原：主要分布在辽东湾口的东西两侧及六股河、滦河口两侧，本区海底倾斜，坡度较大，河口入海摆动往往形成叠置的水下三角洲，该平原中上部物质较粗，以细砂为主，下部较细，以粉砂和泥质粉砂为主。

(6) 河口水下三角洲：在新、老黄河、海河、套儿河、马颊河、蓟运河、潍河、小清河及滦河等河口水下均有规模大小不等的水下三角洲，以黄河口外的水下三角洲面积最大。

(7) 残留浅滩：在辽东浅滩的西侧，称之渤中浅滩，以细砂、极细砂组成。

2. 海蚀地貌

(1) 潮流冲蚀谷地：集中分布在渤海海峡之南，北侧口门及渤海湾北面的曹妃甸南侧。

(2) 冲蚀洼地：分布在渤海海峡的中部岛屿，即庙岛群岛的北隍城岛与南长山岛之间的水道内，其形态近乎椭圆形，洼地内主要保存一些砂砾堆积，并有基岩裸露。

(三) 海底沉积物

渤海的沉积物并不存在由海岸向海中央沉积类型呈现由粗到细过渡的正常机械分异的规律,而是存在沉积类型在空间上的不规则斑块状镶嵌分布。其三大海湾和中央海区的沉积类型分布各不相同,渤海湾内以细软的粘土质软泥和粉砂质粘土软泥为主,辽东湾内以较粗的粗粉砂和细砂为主,莱州湾内则以粉砂质沉积占优势,渤海中央海区则兼有粗细等各类沉积,但以细砂分布最广,分叙如下:

1. 砾石

主要见于老铁山水道,庙岛海峡及辽东湾两岸水下岸坡区,在曹妃甸南部的水下浅滩上也有砾石分布。它分布水深多在20m的浅水区,仅辽东湾东岸分布至水深40m,老铁山水道附近分布水深可达70m以上。

砾石成分主要由燧石、花岗岩及石英岩脉组成,也有少量硅质灰岩、砂岩和板岩,个别海区如隍城岛附近沉积见有钙质藻结核,长兴岛西岸水下岸坡和曹妃甸南部发现有类似于结核的铁质和锰质胶结物,辽东湾等海区尚见有被铁质污染的砾石。

2. 砂

粗砂和中砂在渤海分布面积很小,局限于滦河口、六股河口及老铁山水道附近的海区,并常混少量的砾石和贝壳等。

细砂是渤海分布面积最广的沉积,主要见于辽东浅滩至渤海海峡北部的海域,在滦河口、六股河以及辽东湾东岸的复州河口近岸浅海区,也有斑块状分布。细砂呈黄色,分选中等至好。

3. 粗粉砂

分布于渤海中部细砂沉积的外缘,向北沿辽东湾长轴方向延伸,可达北纬 $40^{\circ}15'$,于辽东湾内形成南北走向宽阔的粗粉砂沉积带,将东西两岸的细砂分隔,在曹妃甸南部细砂沉积的外围,也有不宽的粗砂沉积带。

4. 软泥

(1) 细粉砂质软泥:它多分布在莱州湾的东部,在北纬 $45^{\circ}10'$ 以北的辽东湾顶部,滦河口外浅海及辽东湾中部粗粉砂外缘也有些分布。

(2) 粉砂质粘土软泥:主要分布于渤海西部的粉砂与粘土质软泥之间,呈带状伸向辽东湾,辽东湾顶部,金州湾中部皆有分布,性粘而可塑,有机质含量高,伴有 H_2S 臭味。

(3) 粘土质软泥:分布于渤海湾的中部和南部、黄河口、渤海中央海区的西部,甚至向北经过辽东浅滩和滦河口外滩之间的凹地,与秦皇岛水下岸坡外侧粘土质软泥带连接,质地细软(图3)。

渤海海底沉积物从成因上可划分为现代陆源碎屑沉积和残留沉积两大类:

残留沉积在渤海分布最明显的海区是辽东浅滩至渤海海域北部老铁山水道附近(图4),在滦河口、六股河口及辽东湾中也有局部露出。

除上述残留沉积之外,广大海底皆为现代陆源碎屑沉积,约占整个沉积的80%,都是近代沿岸河流的输入或海岸冲蚀物在老铁山水道个别处,由于贝壳大量掺入而形成生物钙质沉积。

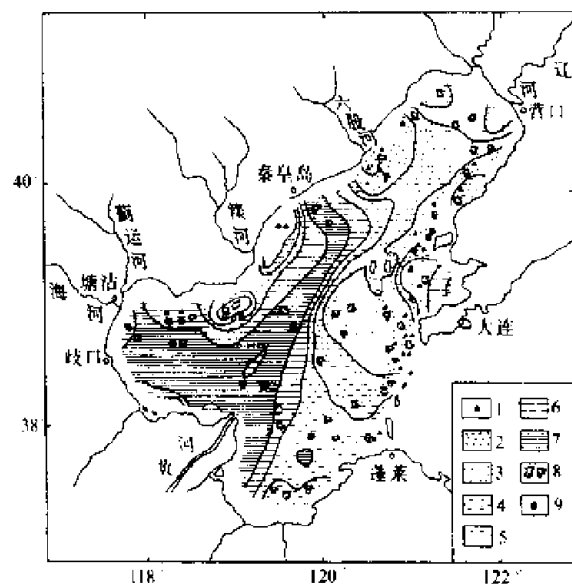


图 3 渤海海底沉积类型图

(据中国科学院海洋研究所, 1985)

1—砾石; 2—中砂; 3—细砂; 4—粗粉砂; 5—细粉砂质软泥; 6—粉砂质粘土软泥; 7—粘土质软泥; 8—贝壳;
9—铁锰结核

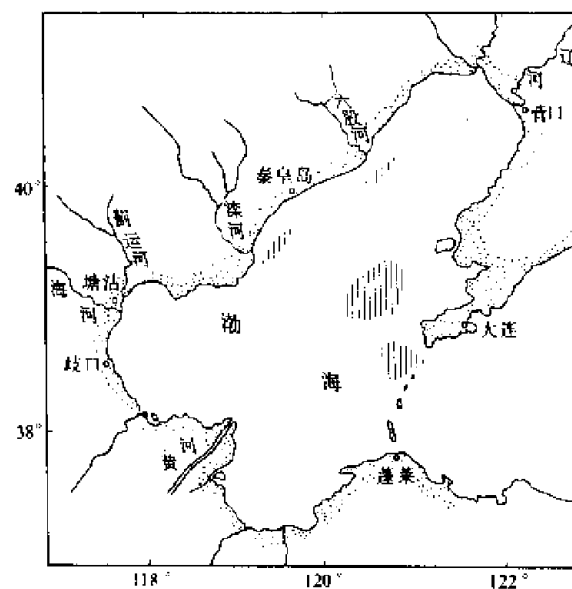


图 4 渤海残留沉积分布图

(据中国科学院海洋研究所, 1985)

(四) 水 动 力

影响渤海沉积的水动力有周围入海的河流和渤海的环流与水团。

流入渤海的河流众多，主要有黄河、滦河、海河和辽河等，黄河含砂量为世界各大河之冠，据利津站资料，黄河多年平均输砂约12亿吨，滦河也为多砂性河流，年输砂量为2670万吨，由于流域供砂丰富，入海处水流展宽，能量降低，渤海海区波浪、潮流作用又较弱，大部分物质在淡、盐水交界带产生絮凝作用而沉淀，因此在黄河口、滦河口形成了向海突出的朵状三角洲（图1）。

渤海环流主要由黄海暖流分支和沿岸流组成，黄海暖流分支经老铁山水道进入渤海后势力锐减，渤海沿岸流由黄河等河流的冲淡水组成，沿岸流的盛衰随河流流量的季节变化而变化，主要为鲁北沿岸流和辽河冲淡水，冬季辽河冲淡水被偏北风推向辽东湾的东岸南下，黄海暖流分支则被东南风推向西岸南下，暖流则沿东岸顺岸北上，构成气旋式环流（图5、6）。同时，由于黄河水量丰沛，黄河冲淡水直冲莱州湾北部后东流，与渤海海峡南岸进入莱州湾的暖流余脉构成反气旋环流（图5、6）。

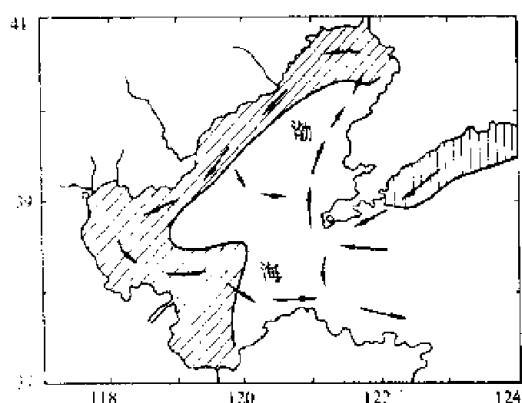


图5 渤海夏季环流与水团示意图

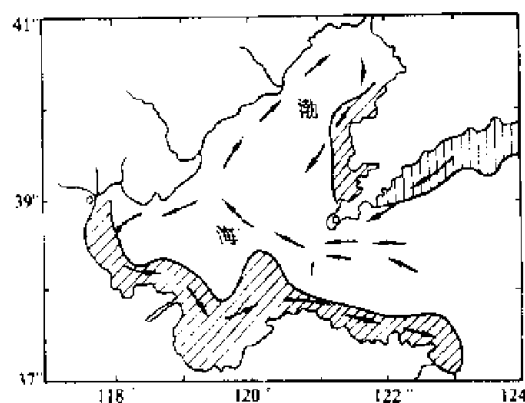


图6 渤海冬季环流与水团示意图

（五）渤海沿岸气候与植被

渤海及沿岸地区属于暖温带季风气候，冬季寒冷而晴燥，盛行东北偏北风，夏季高温而多雨，盛行西南偏南或东南风（图7）。年平均温度 9°C — 12.5°C （ 7.5°C — 14°C ），年降水量 $500\sim 900\text{mm}$ （表2）。辽东半岛和山东半岛因向海突出，受海洋影响较大，雨量丰沛，而冀北山地雨量则较少。

根据中国植被的划分，渤海陆缘地区属于暖温带落叶阔叶林和灌丛草原亚带，可细分为辽东丘陵、平原赤松、蒙古栎、麻栎林区；冀辽山地丘陵油松、辽东栎、槲树林区；华北平原栎林、油松和灌丛平原区；胶东丘陵赤松、麻栎林区及鲁中南山地、丘陵油松、辽东栎、槲树林区（图8）。目前仅在山区地带尚可见残留的自然植被，本区落叶阔叶林的建群种多为栎树，如辽东栎、槲、麻栎和栓皮栎等，次优势种为多种松树如生长于沿海湿润地带的赤松和分布于较为干燥的华北平原地区的油松，在平原地区除油松外，还散生有臭椿、樟树、桑等落叶阔叶树，其他阔叶树如桦、杨、槭、椴和鹅耳枥等生长于丘陵和低地，沿海盐碱滩地以藜和蒿为主，其他草本植物以禾本科和菊科植物为多，常见灌木有酸枣、荆条和多种鼠李，在针叶树中侧柏和油松都是优势种。

表 2 渤海沿岸温度、降水、湿度统计表

地 点		年平均温度 (°C)	最冷月温度 (°C)	绝对低温 (°C)	≥10°C 积温 (°C)	年降雨量 (mm)	年平均 相对湿度 (%)	资料年代
辽东半岛	岫岩	7.5	-11.4	-31.5	3245	923	71	1951—1970
	盖县	9.1	-9.5	-26.1	3542	700	64	1951—1970
	大连	10.1	-5.3	-21.1	3600	656	68	1951—1970
渤海	大钦岛	11.0	-2.0			600±		1970—1985
山东	蓬莱	11.4	-2.3	-15.1		670	66	1959—1975
	掖县	12.4	-3.3	-17		657	65	1959—1970
	利津	12.4				573.9		近20年
华北东部		9—14	-13—-2		3200 —4500			

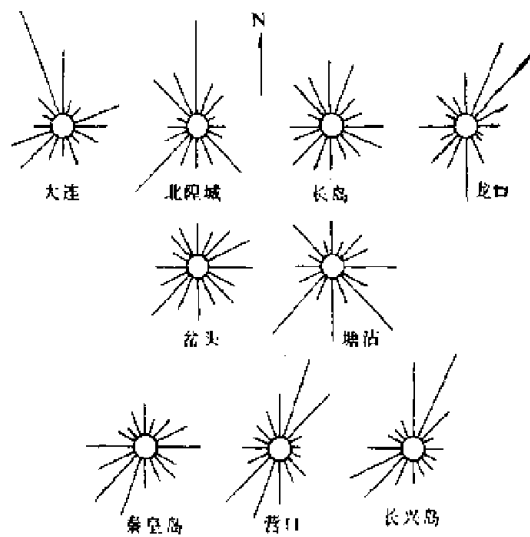


图 7 渤海沿岸多年平均风向频率图

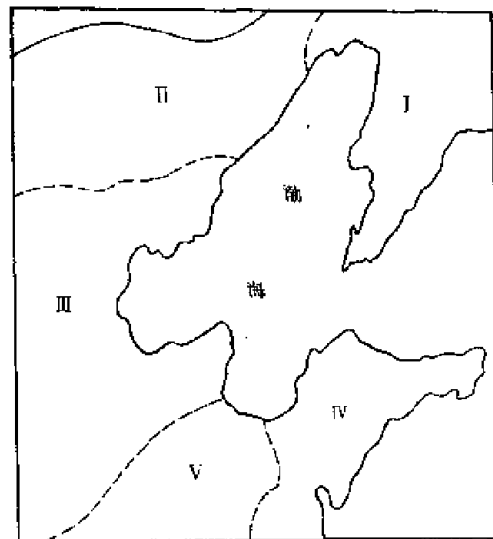


图 8 渤海陆缘植被图

- I—辽东丘陵平原赤松、蒙古栎、槲树林区；
 II—冀辽山地丘陵油松、辽东栎、槲树林区；
 III—华北平原栎林、油松和灌丛草原；IV—胶
 东丘陵赤松、麻栎林区；V—鲁中南山地丘陵
 油松、辽东栎、槲树林区

二、渤海表层沉积孢粉、藻类组合

(一) 渤海表层沉积孢粉组合

1. 表层沉积孢粉成分与分布规律

对渤海40个表层沉积样品进行孢粉分析, 皆见有相当丰富的孢粉, 其中, 花粉有: 松 (*Pinus*)、冷杉 (*Abies*)、落叶松 (*Larix*)、柏科 (*Cupressaceae*)、麻黄 (*Ephedra*)、柳属 (*Salix*)、胡桃 (*Juglans*)、枫杨 (*Pterocarya*)、桦 (*Betula*)、桤木 (*Alnus*)、榛 (*Corylus*)、鹅耳枥 (*Carpinus*)、栗 (*Castanea*)、栎 (*Quercus*)、山毛榉 (*Fagus*)、冬青 (*Ilex*)、椴树 (*Tilia*)、木兰 (*Magnolia*)、紫树 (*Nyssa*)、山茱萸科 (*Cornaceae*)、木樨科 (*Oleaceae*)、荨麻科 (*Urticaceae*)、葎草属 (*Humulus*)、石竹科 (*Caryophyllaceae*)、藜科 (*Chenopodiaceae*)、黑三稜科 (*Sparganiaceae*)、眼子菜科 (*Potamogetonaceae*)、香蒲 (*Typha*)、禾本科 (*Gramineae*)、莎草科 (*Cyperaceae*)、毛茛科 (*Ranunculaceae*)、豆科 (*Leguminosae*)、水鳖科 (*Hydrocharitaceae*)、蔷薇科 (*Rosaceae*)、十字花科 (*Cruciferae*)、小檗科 (*Berberidaceae*)、唇形科 (*Labiatae*)、百合科 (*Liliaceae*)、菊科 (*Compositae*)、蒿属 (*Artemisia*)、蓼属 (*Polygodium*) 以及再沉积的内环粉 (*Classopollis*)、南美杉粉 (*Araucariacites*)、变形桤木粉 (*Alnipollenites metaplasma*)、桃金娘粉 (*Myrtaceidites*)、樟科粉 (*Peltandripites*) 等。蕨类孢子有石松 (*Lycopodium*)、卷柏 (*Selaginella*)、中华卷柏 (*Selaginella sinensis*)、蕨属 (*Pteridium*)、铁线蕨 (*Adiantum*)、膜蕨 (*Hymenophyllaceae*)、槐叶萍 (*Salvinia*)、水龙骨科 (*Polypodiaceae*) 以及再沉积的希指蕨孢 (*Schizaeoisporites*)、凤尾蕨孢 (*Pterisporites*)、海金沙孢 (*Lygodioisporites*)、桫欏孢 (*Cyathidites*) 等。此外, 还有菌孢子 (*Fungi*)、苔藓 (*Bryophyta*)、盘星藻 (*Pediastrum*)、双星藻 (*Zygnema*)、多甲藻 (*Pteridinium*)、环纹藻 (*Concentricytes*)、刺球藻 (*Hystriochosphaera*)、椭球藻 (*Baltisphaeridium*) 以及再沉积的圆形克氏藻 (*Cooksonella circularis*)。

其中木本植物花粉以松属、柏科、栎属、榆属、桦属等数量较多, 草本植物花粉以藜科、蒿属、禾本科、莎草科为主要, 孢子以水龙骨科、中华卷柏和苔藓孢子占优势, 藻类中甲藻、刺球藻、圆球藻、椭球藻数量较多, 它们的分布均有一定的规律。

(1) 松属花粉: 松属花粉在表层沉积中都含有相当的数量 (图9), 是孢粉组合中的优势种之一, 其含量为孢粉总数的14%—54.24%, 松属花粉分布以渤海中部、辽东湾、渤海海峡和莱州湾东部数量较多, 如B80站 (52.46%)、B81站 (51%)、B78站 (54.26%)、B75站 (41.14%)、B73站 (48%)、B66站 (42%) 等, 而渤海湾和莱州湾西部相对较少, 如B92站 (12%)、B90站 (16%)、B91站 (14%)、B24站 (16.5%)、B84站 (15.2%) 等。

松属花粉具有产量高且带有两个气囊、密度小 (0.39g/cm^3) 等特点, 善于飞翔和漂浮于水面, 渤海的东北和东南陆缘为辽东半岛和胶东半岛, 其植被为赤松、麻栎林区 (图8),

因此渤海的辽东湾和渤海海峡、莱州湾东部松属花粉含量较高；而海区中部是由于风力把松粉带入海，因其密度小而漂浮于海面，慢慢向中央聚集之故，这样的分布规律在东海、黄海以及地中海、日本海等海区，均呈现此特点。渤海的西南陆缘为黄河、海河平原栽培区，多为灌木和草本植物，所以渤海湾海区的松属花粉较少，显示海区松属花粉和陆缘植被的密切关系。

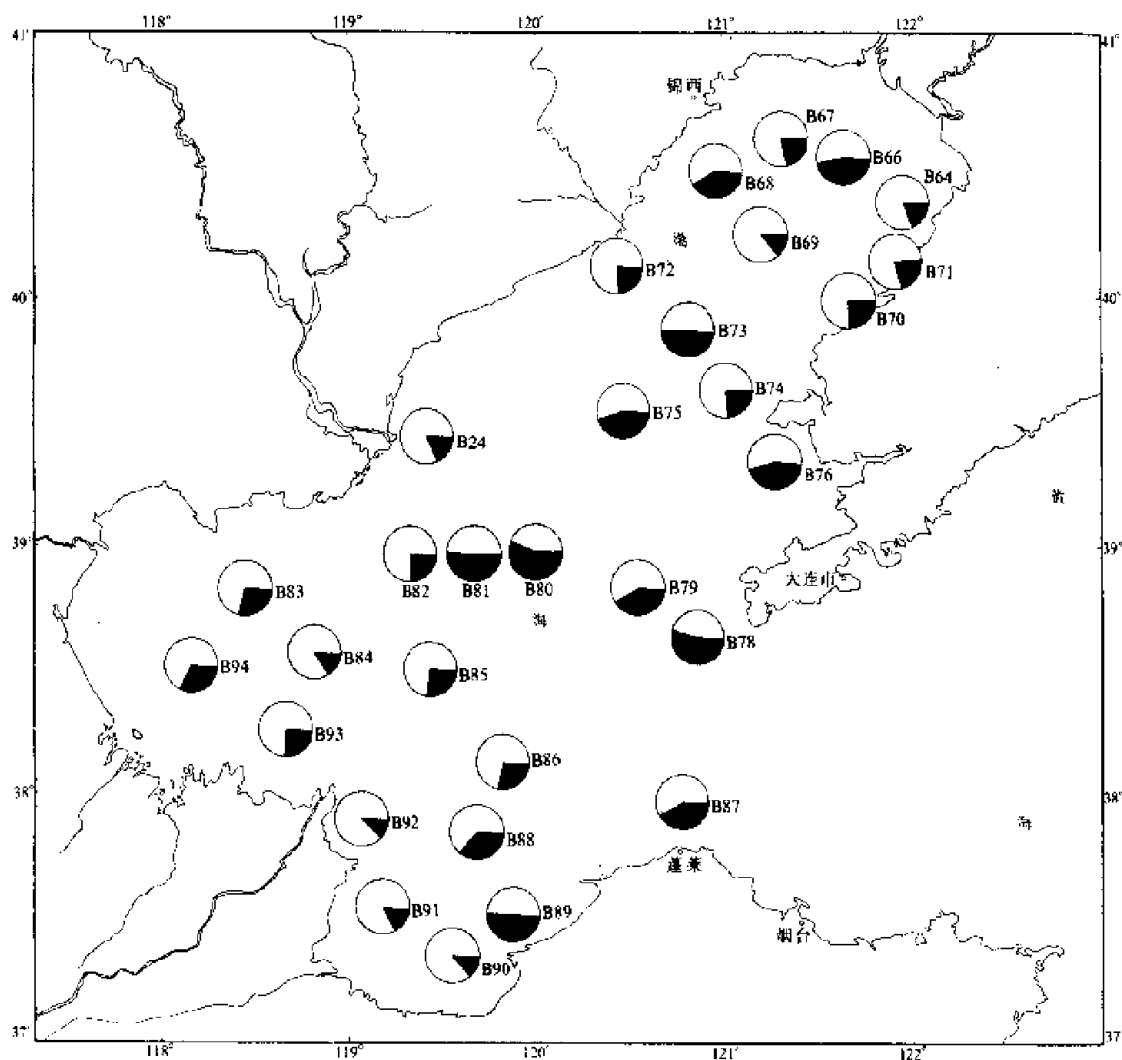


图9 渤海表层沉积松属花粉分布图

(2) 柏科花粉：柏科花粉在组合中占有一定数量，为孢粉总数的0.70%—12.5%，一般所占比例不大，仅在渤海西部的 B84站、B83站、B85站、B7站、B92站、B93站等含量较多，B85站、B86站的柏科花粉含量达11.5%—12.5%，这是由于渤海西部陆缘地区黄河、海河平原的木本植物中，散布有一定数量的侧柏，即为渤海西部表沉积柏科花粉的源地。

(3) 阔叶树花粉：渤海表层沉积的阔叶树花粉主要为栎、桦、榆、枫杨等，总的数量不多，含量一般在10%以下，也呈现辽东湾东部、渤海湾和莱州湾东部数量较多的分布规律，如 B24站、B67站、B64站、B70站、B76站、B87站、B90站等（图10）。这是由于渤海东

北、东南陆缘的辽东半岛和胶东半岛的赤松、麻栎林和冀辽山地针阔叶混交林中阔叶树花粉的来源所决定，也明显反映了海区表层孢粉组合和陆缘植被的关系。

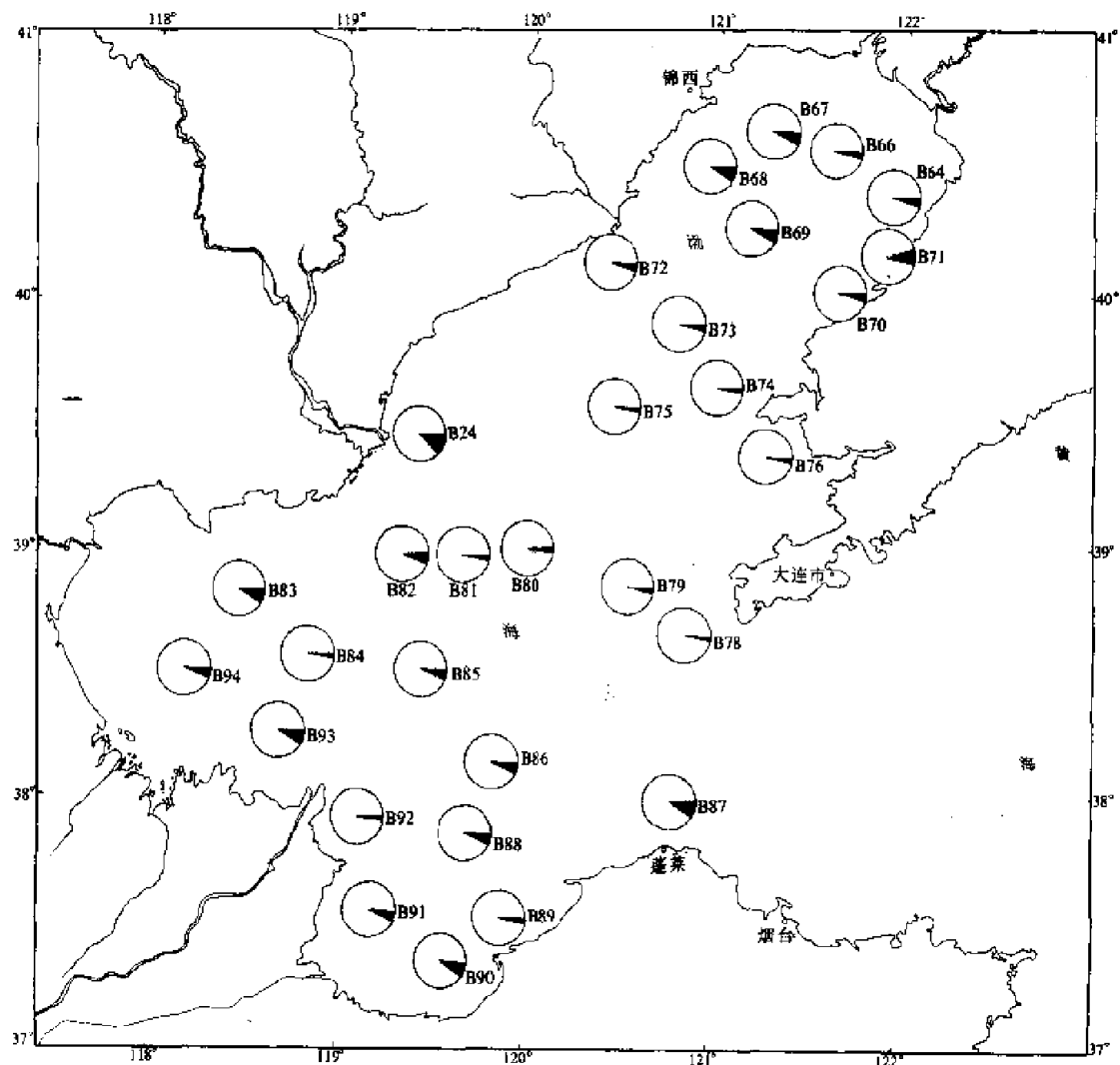


图 10 渤海表层沉积阔叶树花粉分布图

(4) 藜科花粉：藜科花粉是渤海表层沉积中最主要的草本植物花粉，含量占孢粉总数的3%—25.2%，其分布规律呈现由渤海边缘向中央减少的趋势，如B67站、B64站、B70站、B72站、B24站、B83站、B91站、B92站、B87站等边缘站位含量较多，尤以西部站位更为突出，而海区中央部分含量较少，如B75站、B74站、B81站、B80站、B86站、B78站等站（图11），海滨盐生藜科植物在渤海的沿海平原均有广泛分布，特别是西部的黄河、海河平原区分布更为普遍，明显地反映了海区藜科花粉的来源。

(5) 蒿属花粉：蒿属是渤海表层沉积中仅次于藜科的重要草本花粉，含量为0.6%—24%，其分布规律和藜科花粉大致相近，也呈现近岸较多向海中央减少的趋势，以及海域西部数量较多的规律（图12），反映海区草本花粉和陆缘植被的密切关系。

(6) 水龙骨科和卷柏孢子：在孢子中是以中华卷柏和水龙骨科含量较多，其中中华卷

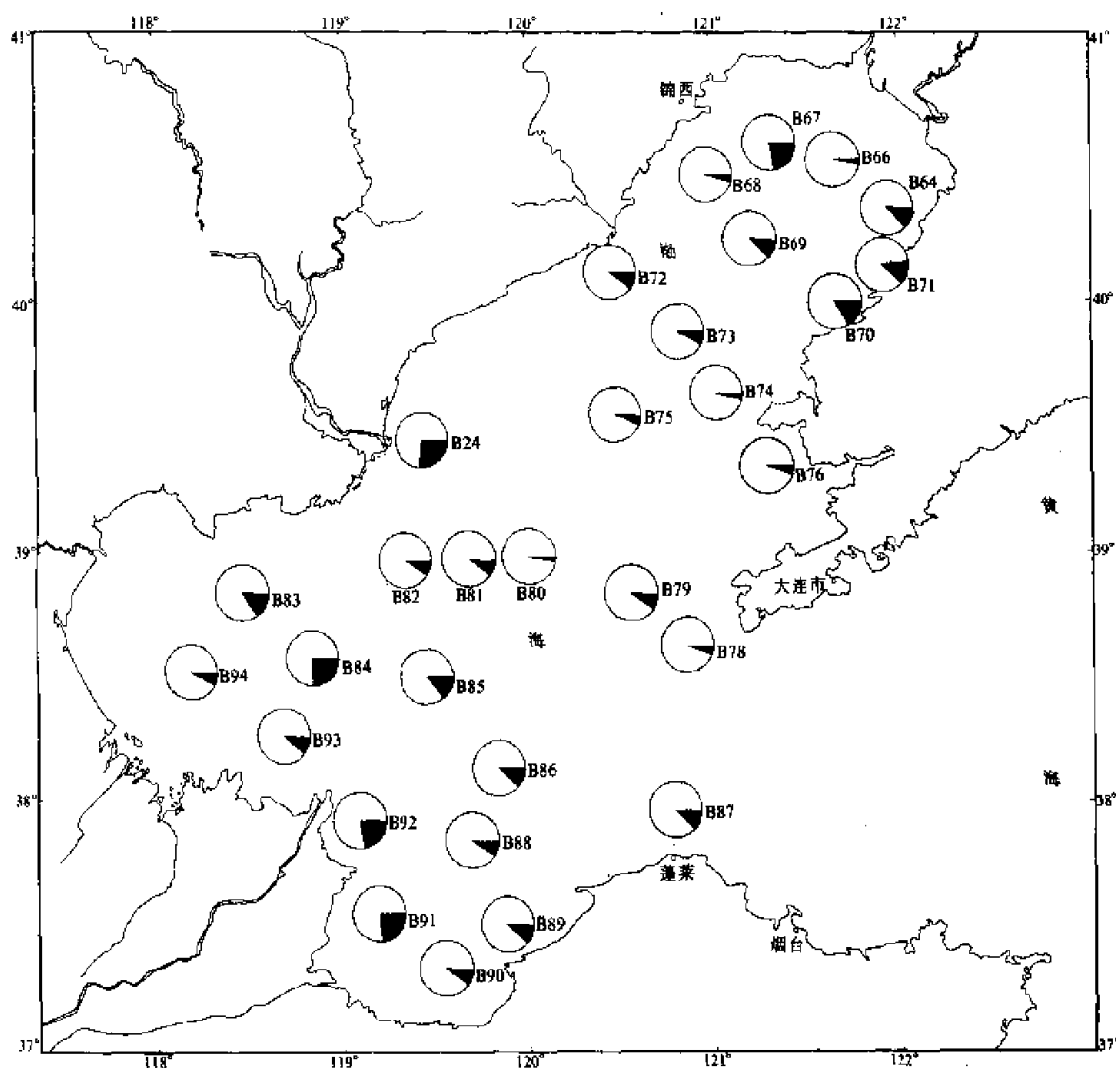


图 11 渤海表层沉积藜科花粉分布图

柏含量为1%—25.2%，水龙骨科为0.4%—3.5%，总的规律是西北部含量较多，如B67站、B72站、B73站、B68站等，而西南部数量较少，如B91站、B90站、B94站、B93站、B81站等（图13）。

(7) 苔藓孢子：在渤海表层沉积中苔藓孢子具有一定的含量，占总数的1.2%—15.8%，其分布规律呈现西南部较多，如B84站、B86站、B90站、B92站、B94站等站，而北部含量较少，如B69站、B67站、B68站、B73站、B75站等站。

(8) 藻类：渤海表层沉积中均有一定数量海生甲藻和刺球藻分布，但比例均不大，一般都在5%以下，呈现中央区含量较多，向沿岸减少的趋势，其中尚见有一种亲缘关系不明的椭球藻，其数量甚多，达孢粉总数的0.5%—19.5%，以B69站（19.5%）、B78站（16.92）、B76站（14.4）等站含量最多。淡水藻见有双星藻和环纹藻等，数量均不多，一般出现在有河流入海处的站位。