

地质资料汇编

第六集

科学技术文献出版社重庆分社

地质资料汇编 (第六集)

同济大学海洋地质系 编辑
中国科学技术情报研究所重庆分所

科学技术文献出版社重庆分社 出版
重庆市市中区胜利路91号

四川省新华书店重庆发行所 发行
陕西省宝鸡市人民印刷厂 印刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 7 字数: 22万
1977年10月第一版 1977年10月第一次印刷
印数: 2500

书号: 13176·17

定价: 0.75元

前 言

遵照毛主席关于“古为今用，洋为中用”，“学习外国的东西，是为了研究和发
展中国的东西”的教导，本着科研为无产阶级政治服务，为社会主义革命和建设服务
的方针，本期编译了《海洋孢粉学的研究进展》文集。孢粉学已在地质研究中得到广
泛的应用，尤其在石油勘探工作中，为研究地层学而从事的孢粉分析，发展更为迅
速，随着海洋矿产资源的勘探，海上石油的勘探和发展，海洋孢粉学也迅速地开展起
来，它的研究大大地丰富了孢粉学的应用范围，不仅可为海洋沉积的地层年代、地层
对比、恢复古气候和古地理提供资料，而且可为海盆的物质来源、物质运动、海面变
化，陆缘侵蚀强度和海、陆相地层对比提供依据。

本译文集中，综合国际上海洋孢粉学研究的现况，讨论海洋孢粉学中研究的几个
问题以及孢粉学在海洋地质研究中的应用。关于太平洋西部、地中海、中美海沟和日
本海海底沉积物的孢粉研究等四篇文章，阐述海底沉积物的孢粉分布规律、地层划分
和再造古地理，对于我国各海区的海洋孢粉研究有所借鉴。《海洋第四纪地层中有关
花粉和孢子的水平和垂直分布情况》、《与海水运动和沉积作用有关的大巴哈马浅滩
表层沉积的孢粉学》为海洋沉积中孢粉分布、来源和物质运动等提供研究方法。我国
海区已开始了石油勘探，为了进行海区地层中的孢粉对比，我们编译了《北海道中部
中新世海相沉积层的孢粉分析》、《关于裹日本油田地区花粉层序学的研究》、《从
花粉分析看西南诸岛上新世古地理》等三篇海相第三系孢粉译文。我国古新统的地层
研究较少，无产阶级文化大革命以来，已有不少古新统地层发现。有关苏联的古新统
海相孢粉组合一文可为我国研究古新统孢粉参考。《美国蒙大拿州—爱达荷州利马地
区比弗里德组的孢粉学和时代及其古构造方面的应用》介绍了孢粉分析在研究古构造
方面的应用情况。

新技术在孢粉研究中的应用，用扫描电子显微镜来研究孢粉形态，具有倍数大、
立体感强、能辨别一般光学显微镜所不能解决的问题，为此，我们编译了《用扫描电
子显微镜研究孢粉化石的准备技术》。

本译文集可供孢粉分析，海洋地质、石油勘探、地层古生物、第四纪地质等方面
的生产、科研和教学人员参考。

我们的政治和业务水平较低，难免有错误和不妥之处，请读者批评指正。

同 济 大 学 海 洋 地 质 系
中国科技情报所重庆分所 二室

目 录

海洋孢粉学的研究进展	(1)
太平洋西部海底沉积物的孢子和花粉	(13)
地中海海底沉积物的孢子和花粉	(17)
墨西哥特旺特佩克附近中美海沟全新世孢粉学	(31)
日本海两个海相沉积剖面的孢粉研究	(39)
海洋第四纪地层中有关花粉和孢子的水平和垂直分布情况	(42)
与海水运动和沉积作用有关的大巴哈马浅滩表层沉积物的 孢粉学	(48)
北海道中部中新统海相沉积层的花粉分析	(70)
关于裹日本油田地区花粉层序学的研究	(79)
从花粉分析看西南诸岛上新世古地理	(86)
咸海沿岸北部和图尔盖拗陷中部海相早古新世沉积的孢粉组合 ...	(90)
美国蒙大拿州-爱达荷州利马地区比弗黑德组的孢粉学和时代及其 古构造方面的应用	(95)
用扫描电子显微镜研究孢粉化石的准备技术.....	(104)

海洋孢粉学的研究进展

一 海洋孢粉学的研究概况

孢粉分析已在地质学中得到广泛的应用。随着海洋矿产资源的勘探,尤其是海上石油的勘探和开展,海洋孢粉学也迅速发展起来。

近年来,不少孢粉学者在不同的海区对海洋沉积物中的孢粉进行了研究,所得的资料表明,它不仅可为海洋沉积物的地层划分和对比、恢复古气候和古地理提供资料,而且可为海面升降、陆缘侵蚀强度,海盆沉积的物质来源及物质运动等提供依据,并为海、陆相地层对比开辟了途径,从而丰富和扩大了孢粉学的应用范围。

直至目前已对鄂霍次克海、日本海、白令海、地中海、北海、亚连尔海、亚得里亚海,加里福尼亚湾、阿根廷海盆、太平洋西北部、大西洋西北部等地的海洋沉积物孢粉进行了一定的研究,而且对大西洋、太平洋和印度洋海洋沉积物的孢粉也开始进行了初步的研究。

二 海洋沉积孢粉组合与沿岸植被的关系及其所反映的古地理和地质时代

海洋沉积物中含有丰富的孢粉,除红树植物和海滨植物的花粉外,大部分来自陆上植被。瑞典G·艾特曼曾乘飞机利用真空吸管研究大西洋上空的花粉,发现远离大陆1500公里的海洋上空,尚含有不少的植物花粉(表1),E.B.卡列涅娃在“勇士号”考察船上对鄂霍次克海上空悬浮的孢粉进行了研究,了解到海洋上空孢粉的多少与陆上植物开花季节、陆向海的风力强弱有密切关系;空中的孢粉掉入海面,是随

海洋上空孢粉数量的观察结果 表1

观察地点	标本号	1000立方米间的花粉数量(克)
大陆上空		18000
北海上空	I	180
中大西洋上空	II	70
北美洲沿岸	III	150

着海洋沉积物而沉积的。

海洋中的孢粉既然大部分来自陆上,那么海洋中孢粉与陆上植被的关系如何,对于用孢粉化石来划分海相地层具有一定的影响。通过对鄂霍次克海、地中海、亚虚尔及太平洋西北部海底沉积物的孢粉研究,发现现代海洋沉积物中孢粉的分布是有规律的,如鄂霍次克海表层沉积的孢粉可划为四个区:北部区、中心区、西南区和近堪察加区(图1)。北部区的孢粉主要来自该海北部沿岸的植被,一定程度上反映西伯利亚东部针叶林的植物成分。西南区的孢粉组合基本上反映萨哈林岛(库页岛)中南部、北海道北部以及千岛群岛南部一带的云杉—冷杉林的植物成分。近堪察加区的孢粉主要来自堪察加半岛中南部和千岛群岛北部一带的草原—阔叶林植物。中心区的孢粉成分较为复杂,是整个滨海地区植物总的反映。从上述资料看出,海洋中的孢粉组合和陆上植被存在着密切的依赖关系,从而为海相沉积的地层划分和恢复古地理提供了可能性。

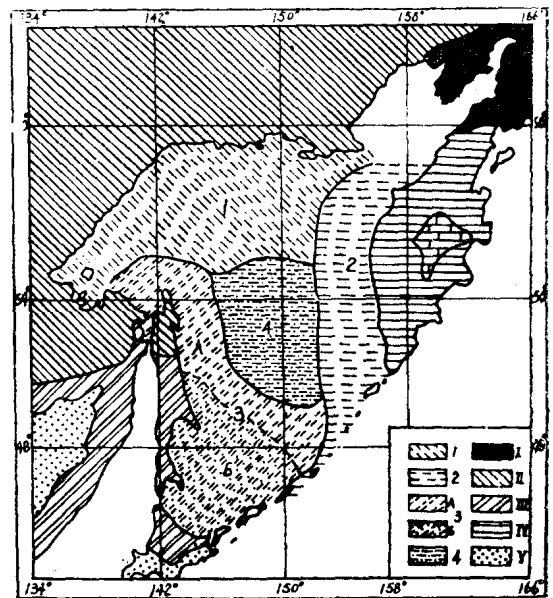


图1 鄂霍次克海表层沉积物的孢粉谱分区沿岸植物分区:

鄂霍次克海第140站沉积物的孢粉分析结果 表2

层	地层间距	岩 性	孢 粉 特 征	古气候、古地理	时代	海平面变化
I	0—130	粘土—硅藻淤泥	木本植物花粉占优势，其中以偃松为主，草本、灌木、花粉极少，孢子以泥炭藓、石松藓类较多	冰期后，气候较暖	冰后期	海 侵
II	130—580	粘土淤泥含粉砂岩夹层	孢子所占比例较大，以真藓和泥炭藓为主。木本植物花粉减少，以桦属花粉为主，偃松减少。	气候变冷，鄂霍次克海面积缩小，而陆地面积扩大，桦属花粉含量很高，样品中含有大量强烈矿化的第三纪再沉积花粉也说明陆地很近和侵蚀面降低，沿岸古老岩层的冲刷看来与海平面下降，侵蚀作用加剧有关。	最后一次冰期	海 退
III	580—1010	粉砂—粘土和细粉砂质淤泥	木本花粉含量相对增加，除含量较多外，松、阔叶树花粉略增。	气候较暖，针叶—阔叶林再度广泛分布，沼泽区有些缩小。	间侵期	海 侵
IV	1010—1580	细粉砂质淤泥	孢子又占优势（以真藓质淤泥为主）木本植物花粉中桦又增加（灌木型），针叶树花粉减少。	气候恶化，转冷，针叶—阔叶林以及暗针叶林区缩小而为赤杨和桦所围绕的沼泽区扩大。	最后第二次冰期	海 退
V	1580—2730	细粉砂质粘土质淤泥	木本花粉增多，其中以针叶树种花粉占多数，并含有部分第三纪的喜热花粉（胡桃、铁杉等花粉）。	气候暖而热，当时沿岸地区，山的下带发育了针叶—阔叶林、针叶—阔叶林以上为泰加暗针叶林、再上则为桦树林所占据	间冰期	海 侵（？）

I—白令灌木（森林冻原）区；II—明针叶林区；III—暗针叶林区（冷杉—云杉林）区；IV—堪察加草原—阔叶林区；V—远东针叶—阔叶混交林区。

海底的孢粉谱分区

1—北区；2—堪察加区；3—西南区（A—阔叶树种花粉含量为1—2%；B—阔叶树林种花粉含量为2—6%）；4—中心区。

E. B. 卡列涅娃研究了鄂霍次克海南部深水盆地的第四纪沉积物剖面，根据孢粉组合的研究进行地层的划分和恢复古地理环境（表2）。

从孢粉组合看，该海第四纪地史中有三个暖期和两个冷期，II、VI层沉积阶段很可能与远东的冰期相吻合，而I、III、V层的沉积阶段与第四纪的间冰期和冰后期相当，从而划分了地层。当气候变冷时，海域面积缩小，发生海退；气候转暖时，海域扩大，发生海侵，J. J. 格罗脱等对南美阿根廷海盆的14个钻孔岩心孢粉研究，所得孢粉组合也反映了暖和冷湿的变化，在V₁₇₋₅₀钻孔长1100厘米剖面中，木本花粉有：*Nothofagus*, *Podocarpus*, *Cupressaceae*以及*Araucaria*, *Saxegothea*, *Dacrydium*，草本花粉由*Artemisia*, *Compositae*, *Cruferae*以及*Gramineae*组成，还有*Coryophyllaceae*, *Cyperaceae*和*Umbelliferae*，孢子主要是*Polypodiaceae*和*Hymenophyl-*

*laceae*以及*Lycopodium*和*Sphagnum*，游浮藻类有*Dinoflagellate*和*Hystichospheres*。垂直剖面的孢粉组合可分为三个主要部分、12个花粉带（图2），上部包括1—8带，9带为过渡带，下部为10—12带，上部孢粉是具有极高的*Podocarpus*棉粉百分比和相对低的*Podocarpus*含量百分比的交错带，在后者中是以*Nothofagus*, *Cupressaceae*和*Weinmannia*为主要成份，麻黄在奇数带中较多。在下部*Podocarpus*并非支配地位，而*Nothofagus*, *Cupressaceae*, *Drinmys*是略为高比例。上部的1—8带的孢粉组合为第四纪，其中偶带（2, 4, 6, 8）代表冷湿或冰期，而奇数带（1, 3, 5, 7）是代表干暖为间冰期和冰后期。9带为过渡带，10—12带为第三纪（图2）。

海滨沼泽沉积物中的孢粉组合，尚可以反映水体盐度的变化，如美国大西洋沿岸的但尼斯河口全新世沼泽相地层中的孢粉组合（图3），赤杨（*Alnus*）花粉的高峰说明淡水沼泽环境，藜属（*Chenopodium*）类型的花粉则指示盐水沼泽环境，所得的盐度变化与沉积磷酸盐法测得的结果吻合，从而得出该区全新世时海面速度增高（海水控制沼泽）与降低（淡水控制沼泽）的历史。

既然海洋沉积中的孢粉主要来自沿岸的植被，因此距岸远度在一定程度上影响了孢粉来源，B. A. 弗朗斯基研究地中海表层沉积的孢粉组合表面，海洋沉

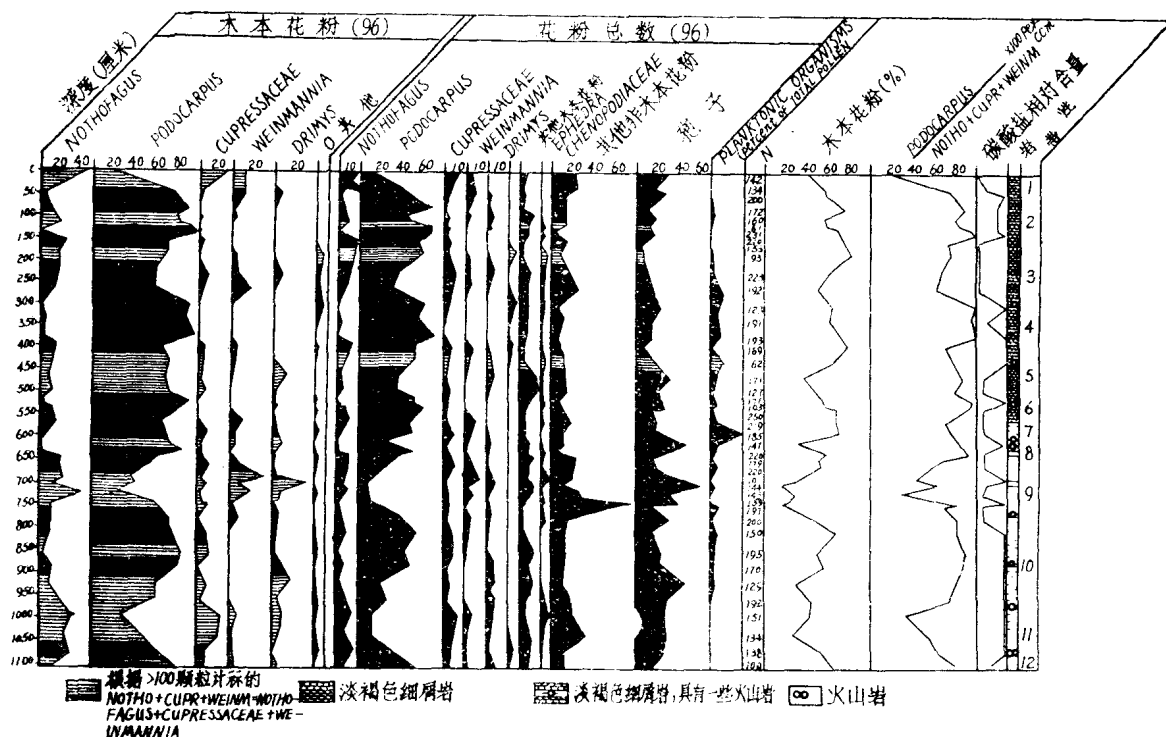


图2 岩心V17—50的花粉图谱 (Groot等 Groot, 1966年)

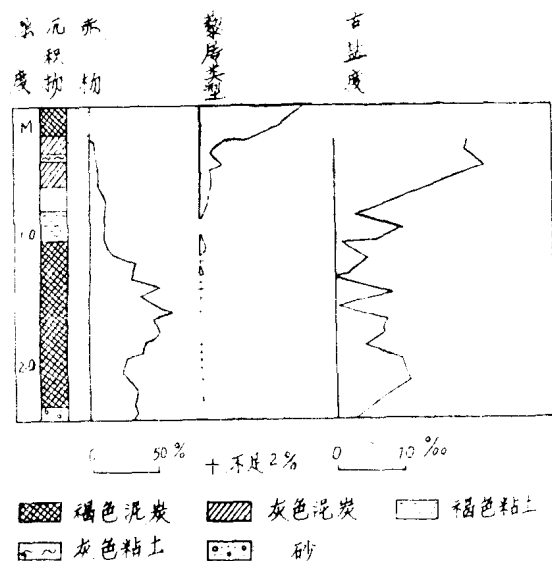


图3 美国但尼斯河口全新世沼泽沉积部分孢粉谱与沉积磷酸盐古盐度对比图
(据Meyerson, 1972)

积物中的孢子花粉的变化是与离岸距离不同有关, 最大的孢粉数量是出现在沿岸地带, 界线是在离岸200—300公里, 从岸向海孢粉的数量越来越少, 在距岸600—700公里孢粉数量很少, 因此孢粉的数量不仅可

以反映沿岸不同的植被, 而且可以作为海的某地区距岸的远度指标 (图4)。

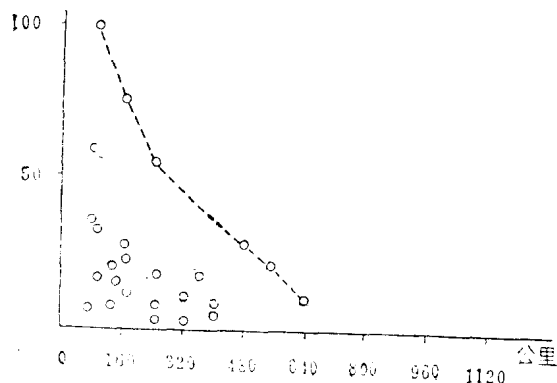


图4 地中海表层沉积物从岸向海的孢粉数量变化图

近年来J.J.格罗特等研究了从大西洋、太平洋和印度洋取来的88个样品中的每克沉积物含有的孢粉数作图表示 (见本文集图6—1), 表示每克沉积物含有花粉和孢子总数对离岸距离的相互关系, 并建立计算程序, 以双对称表示 (把不含花粉的样品假定为每克含1粒花粉)。

$$\ln (N_1 + 1) = 12.2556 - 1.6639 \ln D$$

$$\ln (N_1 + 1) \text{ 的变量} = 3.980$$

$$N_1 + 1 \text{ 的标准偏差是} 5.8.$$

海洋沉积物中的微体植物化石除了孢粉化石外，与其共生者尚有大量的浮游藻类化石，近年来采用孢粉含量与浮游藻类的比值作为离岸距离的指标（ $\frac{\text{孢粉粒数}}{\text{浮游藻类数}} = \text{离岸的距离}$ ），如美国怀俄明州曾用此值分出上白垩世地层中的海相与非海相地层，得克萨斯州也用此值得上白垩世地层中的海侵、海退的历程（见图5）。

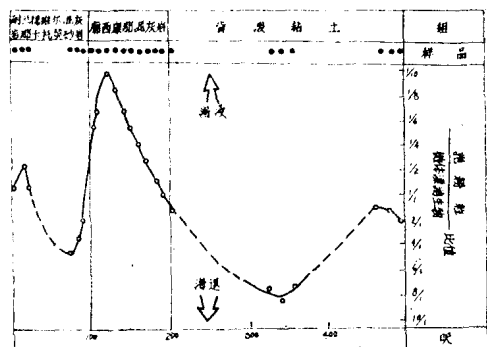


图5 德克萨斯州奥斯汀剖面上白垩系地层中孢粉与微体浮游生物含量比值图（按Zaitzeff与Cross, 1970）

三 孢粉向洋底搬运情况 及海盆沉积物质的运动

海洋沉积的孢粉来自陆地，在距岸500公里以外，大气的作用减弱，而水流起了主要的作用。陆上花粉由空气动力带到海洋，悬浮于海水中，而被海流搬运到深海中去，因此孢子和花粉往深海的搬运主要是水流，在一些适当的地方是靠浊流。深海流的速度一般较小，但由深海波纹的出现（Heezen 1964）和直接测量（Wüst, 1957）所证明，这样的速度足以搬运细砂那样大小的矿物颗粒，这样的海流也肯定足以搬运细砂那样大小的矿物颗粒，这样的海流也肯定足以搬运细和轻量的花粉颗粒。

G. S. 布鲁什等曾在水槽中作水流对花粉搬运的试验，研究结果表明花粉像任何其他的颗粒一样将在水中搬运和沉积，其沉积的速度是取决于它的沉降末速度和水流的涡旋，而花粉的沉降末速度可用斯氏方程式来表示：

$$U_t = \frac{d^2 g (S.G - 1)}{18 V}$$

d = 颗粒的直径

g = 重力加速度 (981厘米/秒²)

V = 60°F 时水的动粘度

$S.G$ = 颗粒的比重

（颗粒比重可用比重瓶去求得）

所以当花粉粒被空气动力吹扬，而降落到流动着的水体表面，就会混杂到河流或海洋中，成为悬浮质的组成部分，随后根据花粉的沉降末速度和水体流动中涡旋的大小而沉积下来。

弗道洛娃在她对伏尔加河河水的花粉研究中发现，每100公升水含有23000—45000个花粉，她认为河流搬运花粉和孢子经过很长的距离。笔者在研究长江三角洲表层沉积的孢粉组合时，也发现三角洲水下沉积的孢粉组合中，也有一部分孢粉是由长江水流携带入海而沉积的（见图6）。

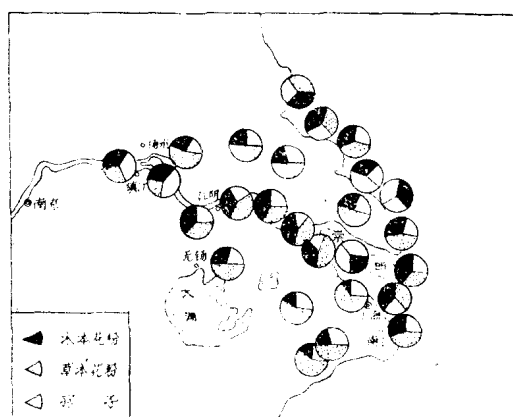


图6 长江三角洲表层沉积孢粉成分分布图

特拉浮斯等从大巴哈马湾的孢粉学和沉积学的研究中，也发现孢粉为广泛的海水所搬运的证据。路锡格纳尔在她对以色列海岸外沉积物的孢粉学研究中，发现大量的孢子和花粉颗粒最初为尼罗河所搬运，其后再被沿以色列海岸的海流所搬运。

因此，花粉被运转的情况和任何其他具有相同物理性质的颗粒是相同的，花粉的分布是沉积过程的结果，可作为沉积物分布的灵敏指标。大洋中花粉颗粒同来自大陆的粉砂和粘土，基本上是以同一方式被搬运，所以孢粉颗粒可以作为我们所发现的细屑岩的源地指示。

四 孢粉往海洋搬运的数量级

植物产生孢子和花粉的数量是十分惊人的，一株玉米平均可产5000万粒花粉，一株麻栎可产1亿粒，一棵松树可产35000万粒，赫塞尔森（Hesselson）曾研究统计过瑞典南部一个云杉森林，每季每公顷可产生75000吨花粉，由于植物花粉产量很大，从而提供了搬往海洋沉积的丰富源泉。

关于孢粉往海洋搬运的数量，格路莱对北美东岸

一些河川搬运到海洋去的花粉粗略估计,北美东北因随悬浮的沉积物被搬运到海洋中而引起的剥蚀作用的数量级为 5×10^{-4} 厘米/年,假定受蚀岩石的比重为 2.5,其结果大约每年每平方公里内 12.5 吨被剥蚀掉,整个流域总计约 1.8×10^6 平方公里,从这个区域被搬运到大西洋的沉积物数量每年约为 22.5×10^6 吨 这样数量级,如果我们假定 20000 花粉粒/克是产花粉季节的平均值,那么在每年 4 或 5 个月期间由河流搬运到北大西洋西部的花粉数目每年约为 15×10^{16} 粒的数量等级。

赫塞尔森曾作过海岸外从大气降下的花粉测定,他发现波的尼亚湾的两只轻便船上,1918年5月24日—6月26日期间降下的花粉为 1620—800 花粉粒/厘米²,两只船分别位于离岸 30—55 公里处,而降落到岸上达 100 公里区域的花粉数量级可能每一季节为 10^3 — 10^4 花粉粒/厘米²,北美的东海岸以外,季节性花粉降落大致为 15×10^{18} 粒,这是河流搬运花粉估计数量的 100 倍,假定 (1) 由大气和河流搬运到北大西洋西部的花粉数量多少接近上述数字,即每年约为 10^{19} 粒这样等级,又假定 (2) 这些花粉是均匀地散布在大陆架和大西洋中部洋脊之间沉积物中,那么花粉降落到洋底应为 100 粒/厘米²,假定每一千年为 0.1 厘米的陆源细屑岩的平均沉积速度,那么每立方厘米或约为 2 克的陆源细屑岩应该含有 10^6 的花粉粒或每克约含 5×10^5 花粉粒,上述数量的估计是具有推测的性质,但对花粉粒受大气和海洋环境的搬运作用进行长期和定量的研究将有价值的。

五 海洋沉积物中再沉积孢粉的研究及其和海平面变化、物质来源的关系

(一) 在海洋沉积物的孢粉组合中,发现有相当数量的再沉积孢粉,目前鉴别再沉积花粉的方法有:

(1) 利用孢粉接受藏红 (O) 染色不同而区别不同时代的孢粉化石

E.A. 斯坦利研究再沉积孢粉受藏红 (O) 染色的情况,可以辨识出四种不同的类型:

a. 不受藏红 (O) 染色,外壁仍具棕色或浅黄色的孢粉化石,已知在古生代和早中生代的孢粉中最普遍 (参见《Marine Geology》, 1966 年, 卷 4, 期 6, 400 页, 图版 I. 3)。

b. 孢粉化石的外壁内外层都非常易于染色,在同一玻片上较其他大部分颗粒的颜色要深些,已知属于晚中生代或早第三纪早期 (《同上》, 图版 I. 11)。

c. 孢粉粒的外壁内层容易染色,而外壁不染色或仅微染色 (《同上》, 图版 I. 3、4、10), 已知属

于中生代的孢粉化石。

d. 孢粉染色情况极像现代孢粉粒,在这类型中,外壁外层较内层易于染色或外壁内层和外层染色情况大致相等,在已知的再沉积孢粉粒中极少出现 (《同上》, 图版 I. 6)。

(2) 利用荧光鉴别,由于孢粉石化程度不同,自发荧光有差异,从而鉴别不同时代的孢粉化石。

P. V. 吉采尔对孢粉化石的荧光研究查明,孢粉化石在紫外光下显示荧光颜色,并且某种花粉类型或是某时代类型的组都具有一种特有的荧光颜色。例如 *Pinus silvestris*、*Carpinus*、*Ericaceae* 是发着白绿或绿黄色荧光, *Alnus*、*Picea*、*Fagus* 是发白黄色荧光, *Quercus*、*Betula* 和 *Corylus* 是更黄或绿色荧光,而 *Gramineae* 是绿红或粉颜色荧光, *Filices*、*Sphagnum* 是兰色荧光,但孢粉化石随时代递增;颜色的变化减弱,不同地质时代孢粉化石的荧光颜色不同。

全新世的孢粉显示从兰变到红的荧光。

更新世的孢粉是浅兰色、白和黄色荧光。

第三纪的孢粉是兰、绿和白几乎不出现,而以鲜黄和橙色占优势。

下第三纪的孢粉除显示黄色外,又有橙和褐色。

中生代的孢粉的荧光随时代的递增而逐渐地变成更黑、更褐或红,并显示较少的黄颜色。

在石炭纪的孢粉中观察到的可见荧光几乎完全消失。

从图 7 可看出, *Pinus Silvestris* 花粉荧光的变化: 它的颜色在全新世时的绿或白变到下第三纪的橙黄颜色。

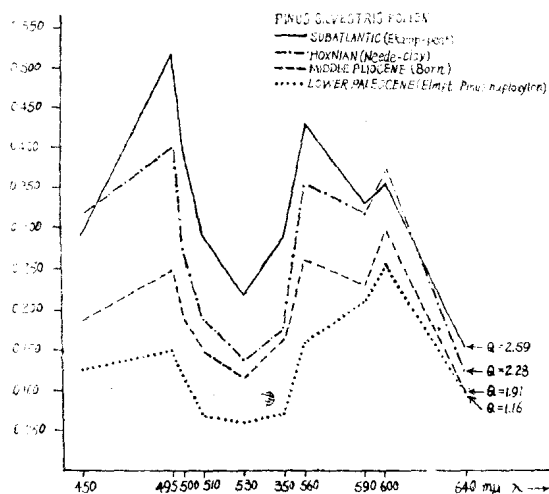


图 7 *Pinus Silvestris* 花粉荧光谱系图

Pinus花粉的Q值如下:

上全新世是 $\pm 3.50-2.40$ (绿或白)。

中更新世是 $\pm 2.70-2.00$ (白—黄)。

中上新世是 $\pm 2.00-1.70$ (鲜黄)。

下第三纪是小于 ± 1.60 (浅黄或橙)。从新到老的这种变化过程表现为萤光谱中兰—绿色光495和500毫微米递减到最大值,黄—红光递增到560、590和600毫微米的最大值。

(二) 再沉积孢粉和海平面变化的关系

在海洋沉积的孢粉组合中,往往会发现不同沉积中再沉积孢粉的比例不一样,在冰期所形成的沉积物中,再沉积孢粉所占比例大,这可能是由于冰期海平面下降,导致侵蚀增强,海面是河流的基准面,而海面下降,大多数情况下,河流为适应新的基准面将调整它们的坡降,河流坡降的这种变化,将使河流增大搬运沉积的能力和增强侵蚀其河床的能力。在沉积物中含有较多的再沉积孢粉化石,是由于岩石受侵蚀量增加的结果,大量的次生孢粉被游离出来,并搬运到沉积盆地而沉积的。因此,海洋沉积物中再沉积孢粉化石的多寡反映了沉积时期海面的变化。近年来也利用再沉积孢粉化石含量多少反映冰期或间冰期的关系来划分第四纪地层。

构造运动也能影响到基准面的变化,在第四纪或第三纪、中生代沉积物中所含再沉积孢粉比例显著增加的现象,可能表明是由于构造运动所引起的基准面的小型下降所引起的。但在利用再沉积孢粉化石数量的变化来推断海面变化或构造运动必须小心仔细地分析而加以区别。

(三) 再沉积孢粉和物质来源区的关系

再沉积孢粉提供了鉴定沉积物来源区的一种极好方法,例如在墨西哥湾A185—35岩心中,210—220、360—373、509—512厘米是浊流沉积,经 ^{14}C 年令测定为大于 10900 ± 1000 年以前,从上述岩心分析出的孢粉化石,相当大部分是再沉积的类型,除有少数第三纪和较老的更新世再沉积的孢粉化石外,在下部两个样品中,发现有*Wodehouseia*和*Aquilopollenites*适量的个体,而这些种仅在科罗拉多州、怀俄明州和南达科他州的上白垩纪岩石中记载过,此表明岩心A185—75的上述岩段的沉积物是来自美国大平原北部白垩纪地层,当它们沉积在锡格皮深海之前,由密西西比河和其支流搬运到1500英里以外而沉积。

又如在新斯科舍岸外海底岩心的孢粉中,既含有石炭纪的孢子*Densosporites*、*Triquitrites*、*Lycospora*等,也有中生代甚至早第三纪孢粉化石,这些资料反映了这个区域的红色洋底沉积物来于加拿大东南部红色的古生代和中生代岩系。有趣的是在此

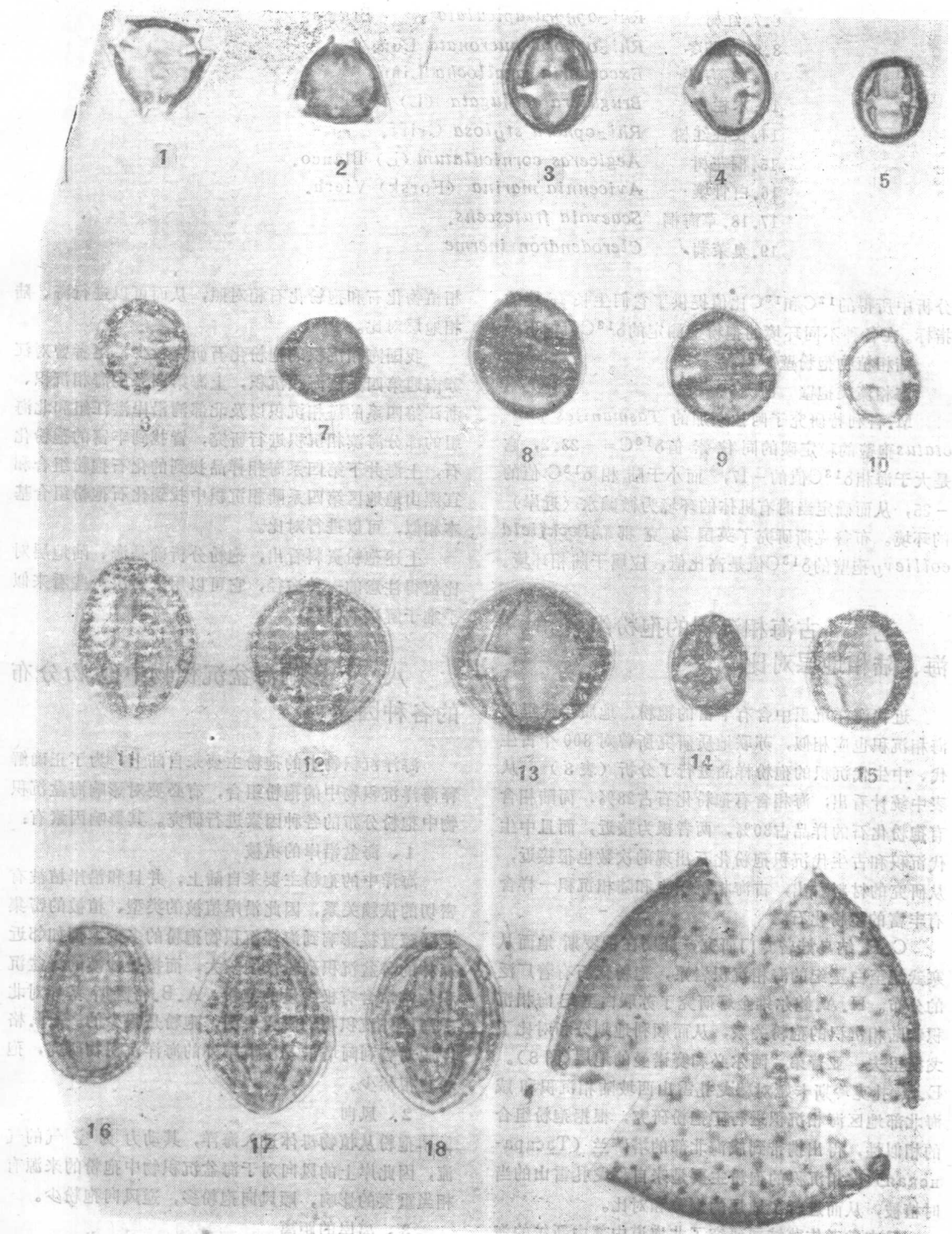
剖面中,尚发现在下部的样品中含有较大数量再沉积的早第三纪和中生代孢粉,而靠近钻孔岩心顶部的样品中却含有大量的古生代孢子,从而推断在晚更新世期间沉积的源地是经过侵蚀的。

六 海相标志的孢粉化石和 孢粉地球化学

上述海洋孢粉主要是利用海洋沉积中的孢粉和沿岸植被的关系来研究海洋沉积,尚难由孢粉化石直接作为沉积相的标志,而红树植物是热带海滨的主要植物群落,其分布很广,凡是热带海滨皆有生长,有些地区受海流影响,也可以向北延长分布,在美洲东海岸由于墨西哥暖流的影响,向北一直分布到北纬 32° 的佛罗里达,在我国红树向北可分布至福建的闽江口以北。世界上红树植物据沃明的看法,有10科26种,我国红树植物也甚丰富,约有16种之多,有红树科的木栏、秋茄树、红树、长柱红树、红茄冬、使君子科的栏李、紫金牛的桐花树、马鞭草科的白骨壤、大戟科的海漆、爵床科的老鼠藤等,我国红树花粉见图版I。红树植物要求有非常独特的生态环境,生长于含盐度为3.185—3.64%的热带、亚热带海滨环境,因此红树花粉是海滨相和浅海相沉积的标志,在不少古海相沉积中皆有所发现,如在美国东部晚白垩纪希诺曼期的Ravitian植物群中含有红树科化石,西欧的始新世海相夹层中找到金蕨属、红树属等孢粉化石,D.哈比伯在墨西哥特旺特佩附近中美海沟的全新世沉积物如A.T.克罗斯在加利福尼亚湾南部的海底沉积物中都发现了红树孢粉化石。笔者在我国北部湾沿岸第四系的湛江组和北海组的部分样品中,也发现了红树科和金蕨孢粉化石。

除上述红树植物孢粉外,其他如海碗豆、马牙头、砂参、喇叭花、腐食、海乳草等是温和气候海滨盐性土的指示植物、华曼荆、砂猪毛菜、刀豆、盐蓬是热带、亚热带气候下海滨盐性土的指示植物,它们都要求生长于海水能影响到的环境,所以这些花粉也是海滨相沉积的标志。

近年来孢粉地球化学的研究也迅速地开展,化石孢粉壁稳定同位素的研究也为辨别海、陆相沉积提供了依据。植物的光合作用过程中是有选择地吸收 $^{12}\text{CO}_2$ 而不是 $^{13}\text{CO}_2$,而海相有机体是利用海洋碳酸和重碳酸根离子,非海相有机体是利用淡水中的碳酸和重碳酸盐,因此海相和陆相的生物具有不同的稳定碳值 $\delta^{13}\text{C}$,陆相植物则利用在同位素上较轻的大气的二氧化碳,因而在这些不同环境生长植物的不同 $\delta^{13}\text{C}$ 值中被反映出来,所以利用化石孢粉壁在质谱



图版说明: 1, 2. 木栏 *Bruguiera conjugata* (L.) Merr.
 3, 4. 秋茄树 *Kanddia candel* (L.) Druce

- | | |
|------------|---|
| 5.10. 栏李 | <i>Lummitera racemosa</i> Willd. |
| 6.7. 红树 | <i>Rhizophora apiculata</i> Blume. |
| 8.9. 红茄冬 | <i>Rhizophora mucronata</i> Lun. |
| 11.12. 海漆 | <i>Excoecaria agallocha</i> Linn. |
| 13. 木栏 | <i>Bruguiera conjugata</i> (L) Merr. |
| 14. 长柱红树 | <i>Rhizophora stylosa</i> Griff. |
| 15. 桐花树 | <i>Aegiceras corniculatum</i> (L) Blanco. |
| 16. 白骨壤 | <i>Avicennia marina</i> (Forsk) Vierh. |
| 17.18. 草海桐 | <i>Scaevola frutescens</i> . |
| 19. 臭茉莉 | <i>Clerodendron inerme</i> |

分析中所得的 ^{12}C 和 ^{13}C 比值提供了它们生长环境的指标。在各种不同环境的孢粉壁测定的 $\delta^{13}\text{C}$ 值如下：

陆相植物孢粉壁 $\delta^{13}\text{C} = -25$

海相藻类孢壁 $\delta^{13}\text{C} = -17$

M.科利特研究了阿拉斯加的 *Tasmanites punctatus* 孢壁的稳定碳的同位素值 $\delta^{13}\text{C} = -23.2$ ，它是大于海相 $\delta^{13}\text{C}$ 值的 -17 ，而小于陆相 $\delta^{13}\text{C}$ 值的 -25 ，从而确定当时有机体的环境为微碱水（近岸）的环境。布鲁克斯研究了英国约克郡的 *Peckfield colliery* 孢壁的 $\delta^{13}\text{C}$ 值是高比值，应属于陆相环境。

七 古海相沉积的孢粉组合和海、陆相地层对比

近代海洋沉积中含有丰富的孢粉，地质年代里的海相沉积也应相似，苏联地质研究所曾对800个古生代、中生代沉积的孢粉样品进行了分析（表3），从表中统计看出，海相含有孢粉化石占28%，而陆相含有孢粉化石的样品占30%，两者极为接近，而且中生代沉积和古生代沉积孢粉化石出现的次数也很接近，从研究的材料看出，古海相沉积也和陆相沉积一样含有丰富的孢粉化石。

C.H.纳乌娃曾专门研究，证明在俄罗斯地面从寒武纪至白垩纪的海相沉积岩系，孢粉化石有着广泛的分布。H.A.鲍尔维金娜研究了苏联白垩纪海相沉积和陆相沉积的孢粉关系，从而顺利地划分和对比了戈捷里夫、亚普弟、阿尔必和赛诺曼的地层（图8）。E.Д.扎克列斯卡娅对穆戈扎雪山西坡陆相沉积和威海北部地区海相沉积进行了孢粉研究，根据孢粉组合的相似性，得出携带到威海北部的塔萨兰（Тасаранская）海相沉积的孢粉主要是来自穆戈扎雪山的当时植被，从而进行了地层的划分和对比。

日本学者佐藤城司研究了北海道中部中新统的海相地层孢粉化石，根据孢粉化石不仅可以划分和对比中新世的海相地层，而且以海相地层和相邻地区的陆

相植物化石和孢粉化石相对照，从而可以进行海、陆相地层对比。

我国海相沉积的孢粉化石研究较少，笔者曾对江苏南通第四系滨海相沉积，上海第四系的海相沉积、浙江第四系的海相沉积以及北部湾沿岸湛江组和北海组的部分海滨相沉积进行研究，皆找到丰富的孢粉化石，上海井下第四系海相样品找到的化石孢粉组合和宜溧山地区第四系陆相沉积中找到化石孢粉组合基本相似，可以进行对比。

上述孢粉资料看出，孢粉分析确是海、陆地层对比值得注意的一种途径，它可以用来解决一些看来似乎难于解决的问题。

八 影响海盆沉积物中孢粉分布的各种因素

海洋沉积物中的孢粉主要来自陆上，为了正确解释海洋沉积物中的孢粉组合，有必要对影响海盆沉积物中孢粉分布的各种因素进行研究。其影响因素有：

1、海盆沿岸的植被

海洋中的孢粉主要来自陆上，并且和沿岸植被有密切的依赖关系，因此沿岸植被的类型、植被的密集或稀疏直接影响到海洋沉积物孢粉的多少，例如邻近森林的海盆沉积孢粉浓度较大，而接受沙漠的海盆沉积物常常含有极少量的孢粉，A.B.符隆斯基等对北非海岸外沉积物的研究表明，孢粉是很少的。J.J.格罗脱对智利阿塔卡马沙漠岸外的海洋沉积物研究，孢粉也很稀少。

2、风向

孢粉从植物母体进入海洋，其动力为空气的气流，因此岸上的风向对于海盆沉积物中孢粉的来源有相当重要的影响，顺风向孢粉多，逆风向孢粉少。

3、离岸的距离

通过对鄂霍次克海、地中海、北大西洋西北部等海底沉积物孢粉的研究看出，随着离岸距离的增加，

各种沉积相含孢粉化石的比率 表3

岩石类型	古 生 代 岩 石			中 生 代 岩 石		
	分析的 标本数	含有孢子和花粉的 标本数		分析的 标本数	含有孢子的标本数	
	个	个	%	个	个	%
陆相						
风化壳	—	—	—	3	—	—
次生高岭石和铝土矿	2	—	—	4	—	—
红色岩石和杂色岩石						
砂 岩	3	—	—	2	—	—
粉 砂 岩	3	—	—	—	—	—
页 岩	2	1	50	13	—	—
凝灰砂岩	5	—	—	—	—	—
灰绿色的岩石						
砂 岩	19	5	27	51	9	19
粉 砂 岩	6	1	15	24	10	40
页 岩	7	3	40	230	70	30
泥灰岩和石灰岩	4	—	—	—	—	—
炭质板岩和页岩	19	5	27	7	4	60
煤	13	1	8	42	30	72
泻湖相						
杂色砂色	5	—	—	—	—	—
粉砂岩	9	—	—	—	—	—
石灰岩和白云岩	1	—	—	—	—	—
泥灰岩	3	1	30	—	—	—
灰色页岩和淡绿色页岩						
砂 岩	2	1	50	2	—	—
粉砂岩	8	5	60	—	—	—
页 岩	17	15	85	—	—	—
含石膏岩石	12	4	33	—	—	—
海相						
砂和砂岩	—	—	—	21	12	58
海绿石砂层	—	—	—	2	—	—
粉砂岩	28	11	29	—	—	—
灰色页岩和绿色页岩	39	20	52	85	11	13
沥青质页岩和板岩	2	2	100	—	—	—
绿色泥灰岩	15	3	24	3	2	66
石灰岩	95	23	25	—	—	—
白云岩	6	1	16	—	—	—
	315	102	30	489	148	28

孢粉普遍减少。

4、海流

孢粉从陆上植物母体进入海洋,在大气动力影响的范围之外,孢粉的搬运和分布即受海流的支配,格罗脱等人根据阿根廷海盆14个岩心样品研究得出,南美南部的植被是海盆沉积物的主要源地,这是因为南极底部海流是东北向的。这和埃温等研究结果是一致的,埃温等人研究指出,阿根廷海盆底部海水有巨大旋涡存在,用浊度计测量表明,底部海水附近的悬浮物有搬运作用,并得出结论,海盆中主要来自南美大陆南部的细屑岩的散布作用是由阿根廷海盆深水部水流所引起的。所以在海洋孢粉的研究中,必须很好地掌握海流的资料。

5、沉积物类型

海盆沉积物中的孢粉主要来自陆上,海流的搬运又起了相当重要的作用,所以陆源细屑岩孢粉含量较多,而含碳酸盐或硅质百分比高的沉积物孢粉数量较少,在陆源沉积物中,颗粒粗的沉积物孢粉含量少,颗粒细的沉积物孢粉数量较多。

6、洋底的大地形和微地貌

卡列涅娃研究海洋孢粉发现,在洋底低洼处沉积物中孢粉高度集中,而在比较高的地区沉积物中孢粉较少。

从上述资料看出,海洋沉积物中的孢粉是受到较多的外界因素影响的,进行孢粉组合解释时,应按各方面因素加以分析和考虑,以便得出正确的结论。

王开发编写

主要参考文献

1. 王开发、张玉兰、王永元:我国红树植物花粉形态研究及其在海洋地质勘探中的意义,《科学通报》,1975年,11期,518—524页。
2. 王开发:利用孢粉分析研究第四纪海相沉积,《地质快报》,1966年,8期,6—7页。
3. 宋之琛、王开发:江苏南通第四系滨海相沉积的孢粉组合,《古生物学报》,1961年,9卷,3期。
4. Groot, J. J. and Groot, C. R.: Horizontal and vertical distribution of pollen and spores in Quaternary sequences, 《The Micropaleontology of oceans》, 1971, pp.493—504.
5. Habib, D. and Thuber, D.: Holocen palynology of the Middle America Trench near Tehuantepec, Mexico, 《Geological investigations of the north Pacific》, 1970, pp.223—261.
6. Groot, J. J.: Distribution of pollen and spores in the oceans, 《The micropaleontology of oceans》, 1971, pp.359—360.
7. Stanley, E. A.: The application of palynology to oceanology with reference to the northwestern Atlantic, 《Deep-Sea Research》, 1966, Vol.13, pp.921—939.
8. Groot, J. J. and Groot, C. R.: Pollen spectra from deep-sea sediments and indications of climatic changes in southern South America, 《Marine Geology》, 1966, Vol.4, No.6, pp.525—538.
9. Stanley, E. A.: The pollen of reworked pollen and spores in marine sediments, 《Marine Geology》, 1966, Vol.4, No.6, pp.397—408.
10. Stanley, E. A.: The use of reworked pollen and spores for determining the pleistocene-recent and the intrapleistocene boundaries, 《Nature》, 1965, No.206, pp.289—291.
11. Groot, J. J. and Groot, C. R.: Marine palynology possibilities, Limitations problems, 《Marine Geology》, 1966, Vol.4, No.6, pp.387—395.
12. Brush, G. S. and Brush, L. M.: Transport of pollen in a sedimentladen channel Alaboratory, 《America Journal of Science》, 1972, Vol 272. No.10, pp.359—381.
13. Zagwijn, W. N. and Veenstra, N. J.: A pollen analytical study of cores from the Outer Silver Pit, North Sea, 《Marine Geology》, 1966, Vol.4, No.6, pp.539—552.
14. Stanley, E. A.: The problem of reworked pollen and spores in marine sediments, 《Marine Geology》, 1966, Vol.4, No.6, pp.397—408.
15. Rossignol, M.: Analyse pollénique de sédiments marins Quaternaires en Israël. Sediments pleistocene, 《Pollen-spores》, 1962, No.4, pp.121—148.

16. Groot, J.J.: Some observations on pollen grains in suspension in the estuary of the Delaware River, «Marine Geology», 1966, vol.4., No. 6, pp.409—416.
17. Meyerson, A.L.: Pollen and paleosalinity analyses from a holocen tidal marsh sequence County, New Jersey, «Marine Geology», 1973, vol.12, No. 5, pp. 335—357.
18. Brooks, J. and Shaw, G.: Geochemistry of sporopollenin, «Chemical Geology», 1972, vol.10, No. 1, pp.69—87.
19. Cross, A. T. and Thoupson, G. G. and Zaitzeff.: Source and distribution of palynomorphs in bottom sediments, southern part of Gulf of California, «Marine Geology», 1966, Vol. 4, No. 6, pp.467—525.
20. Botteva, S. and Straanten, L. M. Malacology and palynology of two Cores from Adriatic Sea floor, «Marine Geology», 1966, Vol. 4, No. 6, pp.539—564.
21. Florer, L.E.: Pollen analysis of marine Sediments off the Washington coast, «Marine Geology», 1973, Vol. 14, No. 1 pp.73—78.
22. Koreneva, E. V.: Spores and pollen in Mediterranean bottom Sediments, «The Micropalaeontology of Oceans», 1971, pp.361—372.
23. Traverse, A. and Ginsburg, R. N.: Palynology of the Surface Sediments of the Great Bahama Bank, as related to Water movement and sedimentation, «Marine Geology», 1966, Vol. 4, No. 6, pp.417—460.
24. Gijzel, P. V.: Autofluorescence and age of Some fossil pollen and spores, «Koninkl. Ned. Akad. Wetenschap. pro Ser. B», 1961, Vol. 64, No. 1, pp.56—63.
25. Gijzel, P. V.: Notes on autofluorescence of Some cenozoic pollen and spores from the Netherlands, «Mededel. Geol. Sticht», 1963, 16, pp.25—31.
26. Muller, J.: Palynology of recent Orinoco delta and Shelf Sediments, «Micropaleontology», 1959, vol. 5, No. 1, pp. 1—32.
27. Livingstone, O.: The Pollen Flora of Submarine Sediments from Nantacket Shoak, «Am. J. Sci.», 1964, Vol. 262, pp.479—487.
28. Вронский, В. А.: Состав и распределение пыльцы и спор в поверхностном слое морских осадков средиземного моря, «Докл. АН СССР», 1963, Том 153, No. 2, pp.447—449.
29. Панов, В. Г., Вронский, В. А. и др.: Распределение и состав пыльцы и спор в поверхностном слое осадков Азовского моря, «Докл. АН СССР», 1964, Том 155, No. 4, Стр.818—821.
30. Коренева, Е. В.: «Споры и пыльца из донных отложений западной части тихого океана», Изд-во «Наука», М.
31. Коренева, Е. В.: Исследование методом споровопыльцевого анализа двух колоннок морских отложений из японского моря, В. Кн.: «Океанология», М. Изд-во АН СССР, 1961.
32. Заклинская, Е. Д.: Стратиграфическая значимость пыльцы голосемянных кайнозойских отложений Повлодарского Прииртышья и Северного Приаралья, Труды ГИН АН СССР, 1957, вып. 6.
33. Пономаренко, З. К.: Спорово-пыльцевые комплексы морских нижнелалеоценовых отложений северного приаралья и центральной части тургаского прогиба, «Докл. АН СССР», Том 154, No. 3, Стр.596—599.
34. 山崎崎统五, 德永重元, 尾上亨: 裏日本油田地域における花粉層序学の考察, «石油技術協会志», 1972, 37卷, 七号, 391—398.
35. 德永重元・尾上・中尾征三, 日本海海底堆積物の花粉分析 (1) 隠岐, 1970, 76卷, 2号
36. 西田史朗, 系数洋子: 花粉分析カワミニ南西諸島新世古地理, «海洋科学», 1976, 8卷, 3号.
37. 佐藤誠司: 北海道中軸部の中新統の対比, «地質学杂志», 1970, 76卷, 6号.

太平洋西部海底沉积物的孢子和花粉

E. B. 科列涅娃

引言

为了阐明在古代海洋沉积和大洋地区现在沉积研究中与孢粉分析应用有关的一系列问题，利用了苏联科学院海洋研究所《勇士号》考察船航行中采集的，主要是有作者参加的第26次航行所采集的沉积物样品作为研究材料。

对这些材料的研究表明，孢粉谱的组成反映着陆生植物孢子和花粉搬运条件的特征；大洋沉积物中它们的保存和埋藏。

研究的结果和鄂霍次克海海底沉积物研究所获得的材料一样，孢粉分析可以为再造海洋和沿岸地区的自然地理环境和地质历史提供重要材料。

由于对海洋矿产形成和分布规律的研究愈益进展，因此对太平洋海底沉积物的研究更具有特别重要的意义。

表层沉积物中的孢子和花粉

如上所述，研究太平洋地区表层沉积物中的孢粉主要是根据《勇士号》考察船26—M航行的材料，其路线大约是通过东经172°和西经173°，纬度范围从夏威夷海岭到新西兰。（如图1）。

研究地区远离大陆沿岸几千公里的距离，这些地区发育着下列类型的沉积物：红色粘土、钙质淤泥（抱球虫淤泥和泥灰质淤泥）、硅质深海淤泥（硅藻淤泥、放射虫淤泥）以及粉砂质粘土、粉砂、砂、卵石-砾石混合沉积物，红色粘土和抱球虫淤泥分布最广。

研究太平洋表层沉积物的孢子和花粉的材料可以得出以下的结论：

1. 样品中最大的孢粉数量出现在新西兰大岛沿岸200—300公里（图2），在海洋沉积里有丰富的陆生植物的孢子和花粉是通过风的途径像河流一样从具有丰富植物的岛上搬运来的。

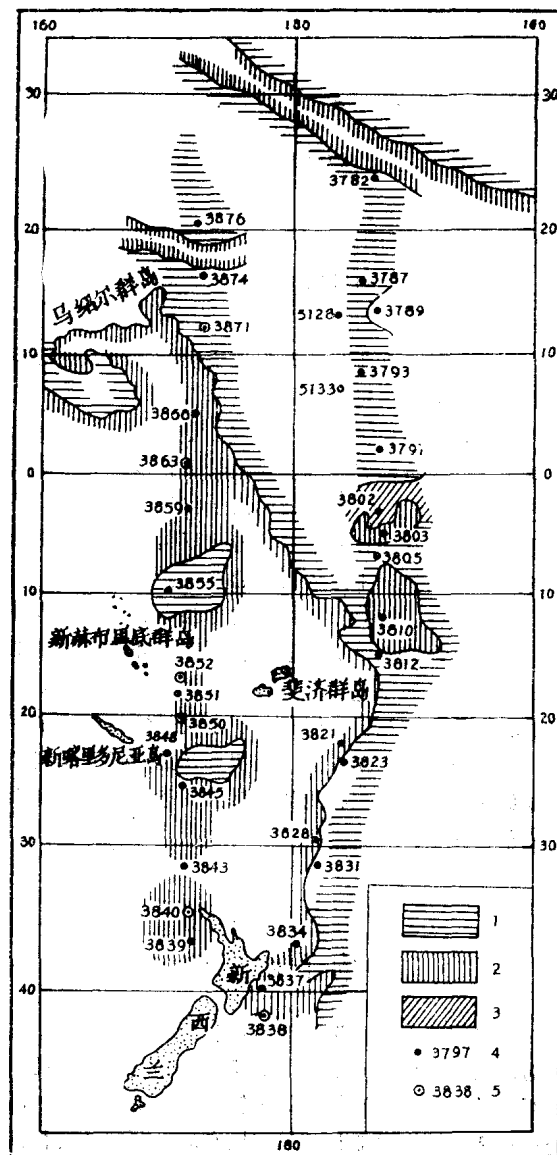


图1 根据《勇士号》第26次航行材料的深海海底沉积物分布示意图

1. 红色粘土