

## 渤海 B<sub>c-1</sub> 孔第四纪孢粉组合及其古气候\*

孟广兰 王少青  
(中国科学院海洋研究所, 青岛)

**提要** 根据孢粉分析结果划分的十三个孢粉组合带,反映了渤海及其周围区域 20 万年来的古植被演替和古地理环境变化。古气候变化是明显的,分为五个冷、暖期: 20—10 万年有两个冷期和一个暖期; 10—1.2 万年有三个冷期和三个暖期; 1.2 万年以来为一个暖期。晚更新世冷期有愈来愈冷的趋势,晚期则处于冰缘带外围环境,年均温比目前低约 10°C。晚期的冷期气候有较明显的波动。晚更新世中期的暖期年均温比目前高约 3—4°C。

据气候地层学原则划分的地层界线: 中更新统与晚更新统为 178—181 m,全新统下限以 12.80 m 为宜。气候地层学与磁性地层学的研究一致。

渤海 B<sub>c-1</sub> 孔位于 119°45'E, 39°09'N, 水深约 27 m。钻孔进尺 240.5 m。岩芯由粉砂

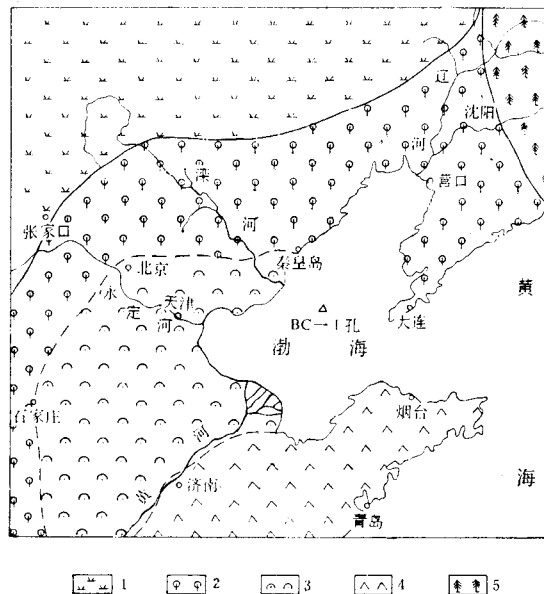


图1 渤海周边植被类型

1. 温带草原; 2. 暖温带北部落叶栎林; 3. 暖温带北部栽培植被; 4. 暖温带南部赤松、栎林; 5. 温带南部针阔叶混交林。

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1411 号。

图件由本所绘图室清绘, 谨致谢。

收稿日期: 1984 年 7 月 20 日。

质粘土、粘土质粉砂和粉砂组成。作者对 100 余块样品,进行了孢粉分析,获得了较为系统的资料,为划分渤海 20 万年来的地层、研究古地理环境演化提供了科学依据(图 1)。

## 一、孢粉组合及岩性特征

根据各层位孢粉组合的变化和岩性特征,自下而上划分出十三个孢粉组合带(图 2a—c),其特征如下。

**带 I** 位于钻孔最底部 (240.5—232.9 m),为浅灰绿色粘土质粉砂,胶结较好,含钙质结核。组合中,木本花粉占孢粉总量的 65.5—86.7%;草本花粉和蕨类孢子分别为 11.4—16.9% 和 1.9—17.6%。木本花粉中,针叶树花粉为 34.5—66.7%,其中松 (*Pinus*) 占 31.7—45.7%,冷杉 (*Abies*) 和云杉 (*Picea*) 占 19.0%。落叶阔叶树花粉较少,有桦 (*Betula*)、栎 (*Quercus*)、柳 (*Salix*) 和鹅耳枥 (*Carpinus*) 等。草本花粉以蒿 (*Artemisia*) 和菊科 (Compositae)、藜科 (Chenopodiaceae) 为主。蕨类孢子主要为水龙骨科 (Polypodiaceae)。

**带 II** 深 232.9—211.9 m,为灰色、褐灰色粘土质粉砂和粘土。组合中以木本花粉占优势,草本花粉次之。主要有松、桦、柳、栎、栗 (*Castanea*)、胡桃 (*Juglans*)、柏科 (Cupressaceae)、雪松 (*Cedrus*)、罗汉松 (*Podocarpus*) 以及蒿、藜、菊、水龙骨孢子等。孢粉组合的下段,木本花粉多于草本花粉,以落叶阔叶树花粉为主。中段,木本花粉占 49.4—74.6%,草本花粉减少;木本花粉以针叶树为主。上段,草本花粉略多于木本花粉,以藜、蒿和禾本科 (Gramineae) 为主;木本花粉以松和柳为主。

**带 III** 深 211.9—177.9 m,为灰褐色粘土、灰白-褐灰色粉砂和粘土质粉砂组成,偶见丽蚌 (*Lamprotula*) 碎片。孢粉组合与带 I 基本相似。只是上部 (211.9—206m) 以针叶树松属花粉为主,下部 (206—117.9m) 以藜、蒿、菊和云杉、冷杉为主。

**带 IV** 深 177.9—115.1 m,为暗灰、灰褐及灰黄色粉砂质粘土,含毛蚶 (*Arca subcrenata* Lischke)、牡蛎 (*Ostrea*)、蛭 (*Solen* sp.)、红螺 (*Rapana thomasi* Crosse) 等贝壳碎片。孢粉组合以木本花粉为主,其中阔叶树花粉较多;草本花粉,藜、蒿、菊也有一定含量。本带孢粉组合各段亦有差异。

下段:深 177.9—153.3 m。组合中,阔叶树花粉的种属与数量均明显增多,167 m 处其量可达 40.6%。主要有桦、栎、柳、栗和椴 (*Tilia*) 等。156.9 m 附近,草本花粉含量为 63.7%,其中以早生盐生的蒿和藜为主。

中段:深 153.3—142.5 m。木本花粉在组合中较多,其中针叶树花粉略多于阔叶树花粉。

上段:深 142.5—115.1 m。木本花粉与草本花粉含量相近。木本花粉中,阔叶树花粉含量一般在 20% 以上,有时可达 50%。主要有栎、桦、柳、胡桃、漆树 (*Rhus*)、栗、鹅耳枥和榆 (*Ulmus*) 等。针叶树松的花粉含量大幅度下降,一般在 7.2% 以下。

**带 V** 深 115.1—104.5 m,为暗灰色粘土质粉砂。组合中,草本花粉为 54.5—91.9%,其中藜和蒿较多,蒿含量有时可达 68.8%;其次是菊科和禾本科,菊科含量达最高值(30.9%);木本花粉以栎和松为主,占比例较小。

**带 VI** 深 104.5—79 m,为灰-暗灰色粉砂、粘土质粉砂,含贝壳碎片和钙质结核。

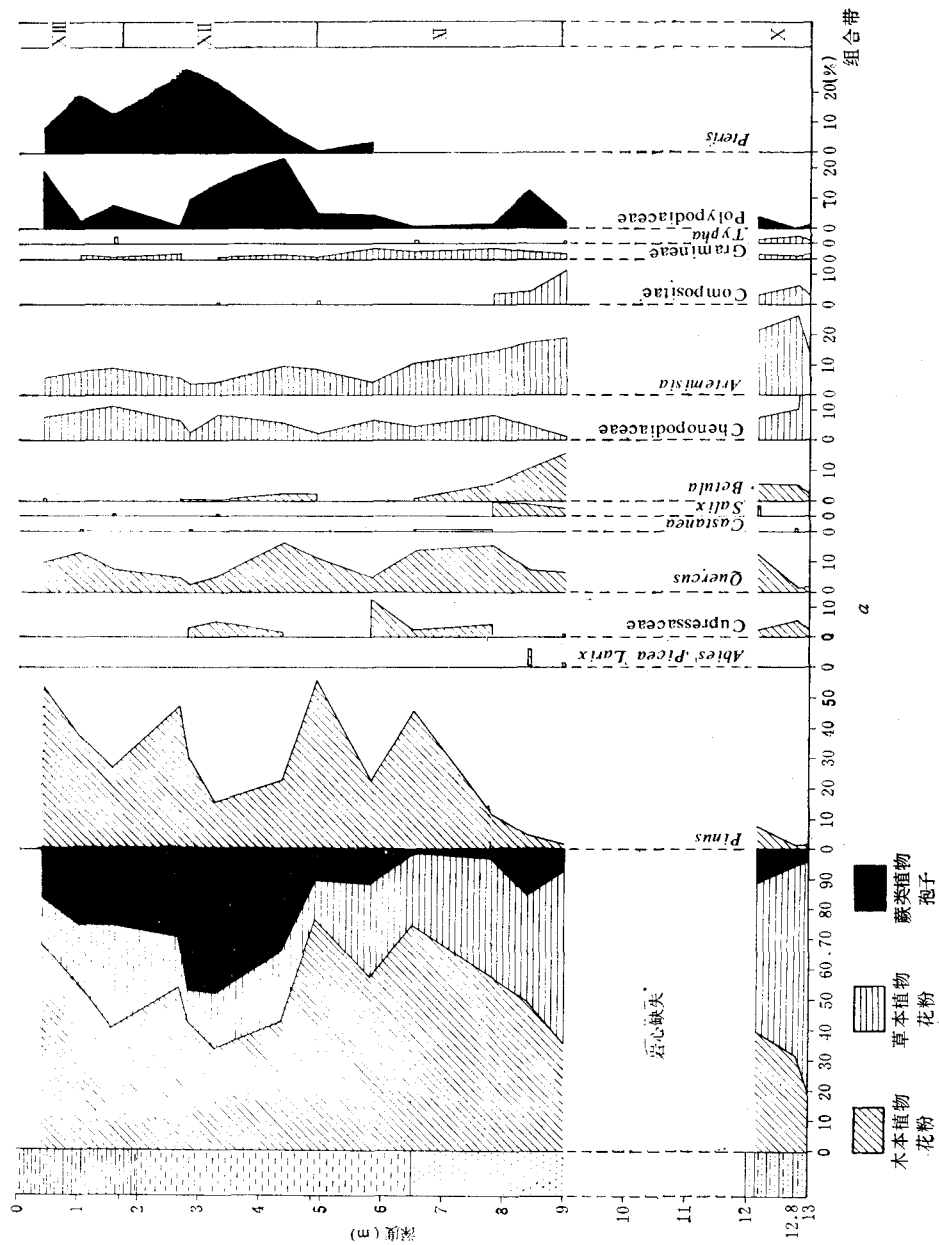


图 2 渤海 B<sub>c-1</sub> 孔孢粉

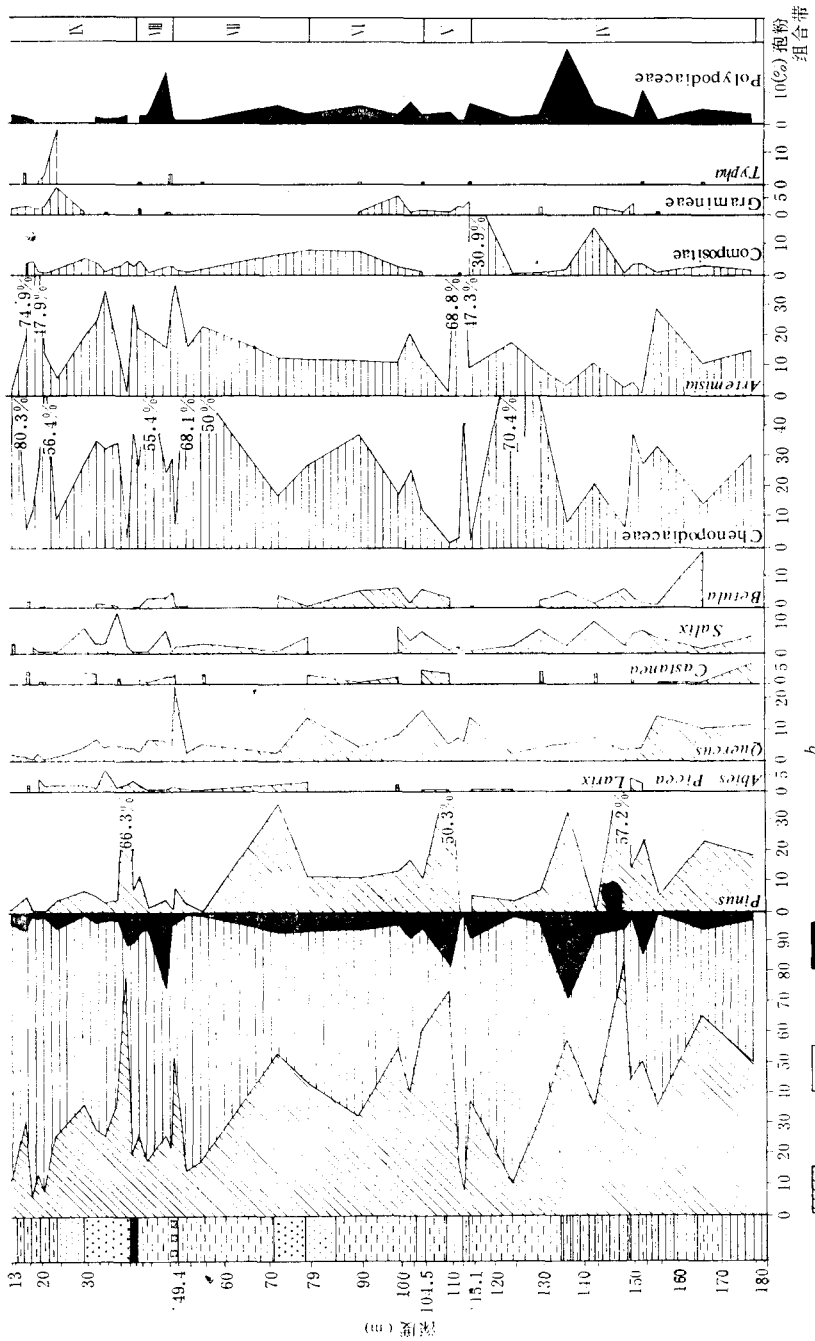


图 2 (续)

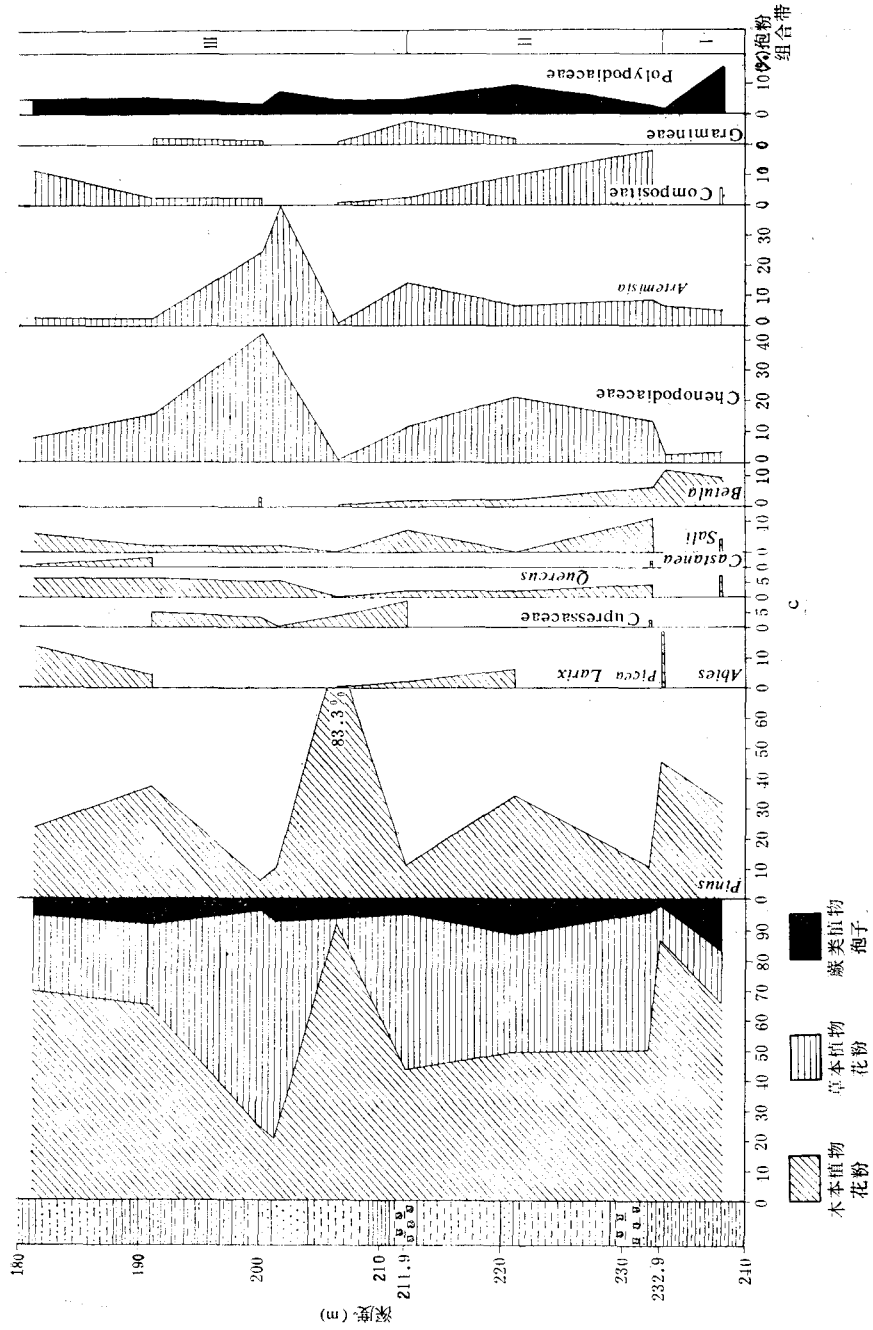


图 2 (续)

落叶阔叶树花粉的成分和数量都较多,有栎、桦、栗、柳和少量的槲栎 (*Quercus dantata*)、槭 (*Acer*)、漆树、鹅耳枥、山毛榉 (*Fagus*)、榆以及个别枫香 (*Liquidamber*) 等。草本花粉也较丰富,以藜和蒿为主,还有湿生水生的莎草科 (*Cyperaceae*)、伞形科 (*Umbelliferae*) 和狐尾藻 (*Myriophyllum*) 等。

**带 VII** 深 79—49.4 m, 为暗灰色粉砂与粘土互层。下段针叶树花粉含量多于阔叶树花粉,除松外,云杉和冷杉有一定数量。上段草本花粉占 73.9—85.1%, 以藜的含量最多,其次为蒿等。

**带 VIII** 深 49.4—41.0 m, 为暗灰色粉砂质粘土, 含许多贝壳碎片。孢粉组合中, 草本花粉为 46.2—77.9%, 有藜、蒿和一定数量的豆科 (*Leguminosae*)、湿生水生植物花粉莎草、香蒲 (*Typha*)、黑三棱科 (*Sparganiaceae*) 以及少量的双星藻科 (*Zygnemataceae*) 等。底层木本花粉为 54.4%, 向上减少, 以阔叶树花粉为主, 如栎、桦、柳、栗、胡桃、麻栎 (*Quercus acutissima*)、漆树、榆和个别枫香等; 针叶树花粉以松为主。

**带 IX** 深 41.0—12.8 m。草本花粉占绝对优势, 蒿、藜和菊的含量都较高。木本花粉以松和柳为主。本带各层段孢粉组合有差异。

下段: 深 41.0—37.3 m, 为灰黑色粉砂质粘土。木本花粉和草本花粉含量分别为 19.2—78.7% 和 11.2—71.7%。木本花粉中, 以针叶树为主, 其中松占 66.3%, 冷杉数量较少。草本花粉主要为藜和蒿。

中段: 深 37.3—26.8 m, 为灰黑色粉砂质粘土和灰色粉砂。组合中, 草本花粉含量为 61.4—71.4%, 其中藜和蒿含量较高, 豆科、菊科和眼子菜 (*Potamogeton*) 较少。木本花粉以柳、栎为主, 其次为松和冷杉、云杉等。

上段: 深 26.8—12.8 m, 为灰黑色粉砂质粘土, 含扁卷螺 (*Planorbidae*)。本段孢粉较贫乏。组合中, 以草本花粉为主, 其含量高达 93% 以上, 并出现大量的苔藓 (*Musci*) 孢子(未计算在总数内)。木本花粉很少。草本花粉以藜、蒿最多, 藜的含量最高达 80% 以上, 蒿的含量最高达 75% 以上; 其次是香蒲、禾本科等。此外, 还有眼子菜、泽泻 (*Alisma*)、狐尾藻、毛茛科 (*Ranunculaceae*)、虎耳草科 (*Saxifragaceae*)、菊科、蓼科 (*Polygonaceae*)、伞形科和唐古草 (*Thalictrum*) 等。木本花粉以冷杉、云杉和柳为主, 但为数甚少。蕨类孢子仅出现少量的卷柏 (*Selaginella*) 和中华卷柏 (*Selaginella sinensis*)。

**带 X** 深 12.8—8.95 m, 为黄灰色粉砂。组合中, 草本花粉占 48.7—63.4%, 仍居首位, 但比带 IX 已大为减少, 其中藜的含量降至 10% 以下。木本花粉数量比带 IX 明显增加, 主要是松、桦和栎, 其次为柳、胡桃和槲等。

**带 XI** 深 8.95—4.85 m, 为灰色粉砂质软泥。木本花粉含量达 57.1—76.2%, 其中松的含量增加, 喜冷分子如云杉、冷杉等几乎不见; 阔叶树花粉含量和种类均较多, 主要成分与带 VI 相似, 虽未见枫香, 却发现少量的桑 (*Morus*) 和个别的朴 (*Celtis*)、冬青 (*Ilex*) 等花粉。草本花粉在组合中居次要地位, 如蒿的含量已下降为 17.9%, 藜科花粉极少。湿生的莎草科、伞形科和水生的香蒲、黑三棱、眼子菜较少。蕨类孢子如水龙骨科、凤尾蕨 (*Pteris*) 和鳞盖蕨 (*Microlepia*) 等, 有一定含量。

**带 XII** 深 4.85—1.70 m, 为褐灰色粘土质软泥。木本花粉在组合中占 30.3—53.8%, 蕨类孢子占 29.3—48.7%, 草本花粉最少。木本花粉中, 松的数量较多, 阔叶树花

粉较少,主要有栎、麻栎、槲栎、桦等。蕨类孢子有凤尾蕨、水龙骨、膜蕨 (*Hymenophylla*) 和瘤足蕨 (*Plagiogyria*) 等。

**带 XIII** 深 1.70—0 m,为褐灰色软泥。组合中,木本花粉占 45.1—69.9%,草本花粉的含量与蕨类孢子的含量相近。与带 XII 不同的是,阔叶树和草本花粉均有增加,而蕨类孢子相应减少。

在孢粉组合带 X—XIII 中,凤尾蕨属再沉积的孢子化石比较多。

## 二、地层时代的划分

记录在地层中的生物信息是生物地层学的重要依据,渤海 B<sub>c-1</sub> 孔岩芯的孢粉分析研究,对确立本剖面的地层界限提供了有力的证据。

### 1. 全新统下限的划分

本区孢粉组合带 IX 与带 X 表现出明显的不同特征。带 IX 为冷干的草本花粉优势带,带 X 草本花粉虽仍占一定优势,但木本花粉已明显增加,如落叶阔叶树花粉明显增多;带 XI—XIII,木本花粉占优势,并以喜温的种属为主,喜冷的分子几乎不再出现。这说明从带 IX 到带 X 气候发生了明显的转变。带 IX 与带 X 层位之间的黑土层(深 13.10 m),经 <sup>14</sup>C 测年为 13,490±150 年。因此,我们认为,带 IX—带 X 是由更新世末期冷期气候向全新世暖期的转变时期,故将全新统下限定在 12.80 m,其年代在 12,000 年左右为宜。

### 2. 上更新统底部界线的确定

孢粉分析结果表明: 177.9 m 处是带 IV 与带 III 的分界。带 III 是针叶树松属花粉占优势,并含有一定量的冷杉、云杉和落叶松花粉,草本花粉藜、蒿、菊数量亦较多,显示出冷干的气候特征;带 IV 木本花粉阔叶树种增多,针叶树大量减少,喜冷分子已很少见到,表现出气候转暖的趋势。本孔自上而下的气候波动特征与我国东部沿海地区第四纪古气候变化规律对比,带 III 代表的冷期可能相当于庐山冰期时期,带 IV 代表的暖期可能相当于庐山-大理间冰期时期。为此,把上更新统地层下限定在 178—181 m 层位较适宜。赵松龄等在 177.5—184 m 层位进行古地磁测量时,发现布莱克 (Blake) 短期极性倒转事件<sup>1)</sup>,同本文孢粉分析结果是一致的。

### 3. 岩芯剖面底部的时代

上更新统地层下 181—240.5 m 处含有三个孢粉组合带,代表两个冷期和一个暖期,从中国东部第四纪气候曲线看,可能属于庐山冰期中的气候波动,又据古地磁测定,在 237.9 m 上下发现牙买加 (Jamaica) 短期极性倒转事件<sup>2)</sup>。从而推测岩芯剖面底部年龄约为 20 万年,属中更新世晚期。

## 三、古植被演替和古气候变化特征

第四纪孢粉组合特征反映了不同阶段的古植被和古气候的面貌(表 1)。20 万年来,本区的植被和气候经历了十个较大阶段的演变过程。

中更新世晚期(距今 20—10 万年),在孢粉组合带 I,III 中,喜冷植物花粉云杉和冷

1),2) 据赵松龄等同志提供的古地磁资料。

表 1 渤海 B<sub>c-1</sub> 孢粉组合及其古植被、古气候和古地理

地质时代	深度 (m)	孢粉组合	植 被 演 替	气候变化	地理环境	年 代 (B. P.)	
全新世 (Q <sub>4</sub> )	1.70	XIII. 松、栎、藜、蒿、禾本科、莎草	以松、栎为主的针、阔叶混交林	温和湿润	浅海	<sup>14</sup> C 13,490±150 年	
		XII. 松、栎、柏、蒿、水龙骨科	以松为主的针、阔叶混交林	温凉潮湿			
	4.85	XI. 栎、松、桦、山毛榉、榆、水龙骨科	以落叶阔叶树为主的阔叶、针叶混交林	温暖湿润			
		8.95	X. 桦、栎、松、藜、蒿、菊、椴	以桦、栎为主的落叶阔叶、针叶混交林-草原	温 干		
晚更新世 (Q <sub>3</sub> )	12.80	IX. 藜、蒿、苔藓、香蒲、松、栎、冷杉、松、藜、蒿、柳、栎、松、松、藜、蒿、菊、冷杉、柳、栎	森林草原-草原	寒冷较干 (中期温凉)	河湖平原	<sup>14</sup> C 26,840±12,000 年	
		41.40	VIII. 藜、蒿、栎、桦、柳、胡桃	落叶阔叶林-草原	温暖略湿		浅海
	49.40	VII. 藜、松、蒿、桦、栎、云杉	针、阔叶混交林-草原	冷凉略干	河湖平原		
		79.00	VI. 藜、蒿、栎、桦、槲栎、栗、松	落叶阔叶、针叶混交林-草原	温暖略湿	浅海	
	104.50	V. 蒿、松、栎、桦、藜、菊	森林、草原	冷 干	沿海平原	布萊克事件 108,000—114,000 年	
		115.00	IV. 栎、桦、柳、栗、松、藜	以栎、桦、松为主的落叶阔叶、针叶混交林	温 湿		浅海
			177.90	III. 松、冷杉、栎、落叶松、藜、蒿	以针叶树为主的针、阔叶混交林-草原		冷 干
	中更新世 (Q <sub>3</sub> )	211.90	II. 桦、栎、松、柳、罗汉松、藜、蒿	以桦、栎为主的落叶阔叶、针叶混交林	温 湿	滨岸平原	牙买加事件 198,000 年
		232.90	I. 松、冷杉、云杉、桦、栎、蒿	以松、冷杉、桦为主的针、阔叶混交林-草原	冷而略温	河湖平原	
		240.50					



杉分别占 19% 和 14% 以上,且带 I 针叶树花粉含量在 60% 以上;带 III 206 m 处松属花粉含量高达 83.3%, 200 m 处草本花粉含量达 71.3%。它们所代表的植被类型是以针叶林为主的杂有少量落叶阔叶树(桦、栎等)的混交林或森林草原。目前,这些植被类型分布在大小兴安岭山地和内蒙古东部草原。这些地区的温度,同本区目前年平均温度相差 5—6℃<sup>[1,2]</sup>。故推测,中更新世晚期的冷期气候比现代要冷些。带 II 代表的植被类型为落叶阔叶、针叶混交林。本区主要处于滨海平原,草原植被也占一定面积。此带所代表的暖期基本与本区现代气候相近。

晚更新世(距今 10—1.2 万年间)时期,植被经历了六个演替阶段,反映出冷暖相间的三个冷期和三个暖期。带 V 孢粉组合,以蒿属为主的草本花粉含量高达 54.5—91.9%,木本花粉较少。这说明,当时植被以草原为主,气候比较冷干,大体相当于内蒙古温带半干旱区的气候<sup>[1,2]</sup>。带 IX 代表的植被类型为森林草原-草原,孢粉组合反映了气候寒冷较干。晚更新世晚期,本区为内陆盆地,由于气候严寒,植物不甚发育,可能为本区 20 万年来植物最为稀疏的阶段。同时,渤海周围的华北和下辽河平原等地的孢粉分析结果,都是暗针叶树花粉占优势;山东垦利县牛庄孔云杉和冷杉的含量高达 80%<sup>[4,6,7]</sup>;渤海海底、华北平原以及黄海北部海底都发现了冰期寒冷气候的标志动物——披毛犀 (*Coelodonta antiquitatis* Blumenbach) 和猛犸象 (*Mammuthus primigenius* Blumenbach) 的化石遗骨<sup>[5,8-10,12,14]</sup>,说明当时渤海地区相当寒冷。同期,东北松辽平原顾乡屯组中的披毛犀-猛犸象动物群,也证明当时松辽平原、华北平原和渤海平原等地当为冰缘和冰缘外围气候环境<sup>[13]</sup>。依据现代冻土冰缘线已推移到北纬 50° 以北,推算年均温较本区现代低约 10℃。晚更新世晚期寒冷气候是中国东部地区第四纪古气候变化的一个特点。带 IX 孢粉成分的差异,反映了冷期中的小波动——早期较冷干,中期温凉略干,晚期寒冷干燥。综上所述,寒冷气候期愈来愈冷的趋势,是晚更新世古气候变化的另一特征。

晚更新世时期,带 IV, VI, VIII 孢粉组合中出现的亚热带喜暖植物——漆树、枫香、槭、山毛榉等花粉,反映了当时气候较今温暖,可能相当于现代华北平原南部暖温带与北亚热带交接过渡区的气候,年均温比现代高 3—4℃ 左右。暖期中,带 IV 孢粉组合表现出较频繁的气候波动。在 156.9 m 附近,以旱生蒿、藜为主的草本花粉含量较高,这不仅反映了气候比较干燥,而且表明该期曾发生沉积间断,可能为渤海局部海退时期。带 VI, VIII 所在的晚更新世中期最为温暖,植被比较茂盛,植物种类也较多,可能为我国北方沿海 20 万年来植被最繁盛的时期之一。由于气候温暖,海面升高,导致海水侵入本区。莱州湾西岸与此相当的第 III, IV 海相层的微体古生物分析结果,发现了目前在渤海含量极少的热带和亚热带暖型底栖有孔虫——圆锥假车轮虫 (*Pseudorotalia schroeteriana* Parker and Jones)、丽星车轮虫 (*Asterorotalia pulchella* D'orbigny)、简单企虫 (*Elphidium simplex* Cushman) 和球室转轮虫 (*Ammonia globosa* Millett) 等,说明当时渤海水温要比现代高<sup>[11]</sup>。

全新世(1.2 万年以来)时期,是第四纪冰期结束后的温暖气候期。带 X 孢粉组合代表的森林草原植被,表现的气候仍然比较凉干,正反映了由冰期向冰后期过渡的气候特点。带 XI 和带 XII 孢粉组合代表全新世中期的温暖和温凉湿润阶段。带 XI 中含有亚热带植物花粉和蕨类孢子,说明当时气候比本区现代温暖,可能相当于华北平原南部暖温带南缘

表 2 渤海地区第四纪古植被、古气候对比

地区		渤海 B <sub>2-1</sub> 孔 <sup>1)</sup>	北京地区 <sup>2)</sup>	河北平原东部 <sup>3)</sup>	莱州湾西岸 <sup>4)</sup>	下辽河平原 <sup>5)</sup>	辽南普兰店 <sup>6)</sup>
时 代	全 新 世 (Q <sub>1</sub> ) 1.2 万年	针、阔叶混交林, 温和湿润	森林草原, 温干	松林或松、桦林, 温凉	针、阔叶混交林-草原, 温干	草原沼泽夹稀疏森林, 温凉略湿	针、阔叶混交林, 前期较湿润, 后期变干
		针、阔叶混交林, 温凉潮湿	温带落叶阔叶和针叶混交林, 温湿	落叶阔叶林, 温暖	落叶阔叶林, 温暖潮湿	针、阔叶混交林-草原, 暖潮湿	阔叶林, 前期湿润, 后期半湿润、半干旱
		阔叶、针叶混交林, 温暖湿润	针阔叶混交林-沼泽, 温湿 → 温干 → 温湿	松林或松、桦林, 寒温	针、阔叶混交林-草原, 温干	草原夹稀疏森林, 凉, 较干	桦木林, 半湿润、半干旱 (中温带)
更 新 世	晚 更 新 世 10 万年	森林草原、草原, 寒冷较干	暗针叶林或森林沼泽, 冷湿	针叶林带, 寒冷	暗针叶林, 寒冷潮湿	草原-桦、云杉混交林, 寒冷干燥	
		针、阔叶混交林-草原, 温暖略湿	干旱草原, 寒冷干燥	针、阔叶混交林-草原, 温凉	落叶阔叶林, 温暖湿润	针、阔叶混交林-草原沼泽, 温和湿润	
		针、阔叶混交林-草原, 冷凉略干	针、阔叶混交林-草原, 冷凉略干	针、阔叶混交林-草原, 寒温	针、阔叶混交林, 凉爽较干	桦、松林草原, 寒冷干燥	
中 更 新 世		针、阔叶混交林-草原, 冷干		针叶林-草原, 温暖干旱		以榆为主的混交林-草原, 温和湿润	
		针、阔叶混交林, 温湿				疏林草原, 寒冷干燥	
		针、阔叶混交林-草原, 冷略湿					

1) 本文; 2) 孔昭宸等; 3) 杨子庚等; 4) 中国科学院贵阳地球化学研究所; 5) 戴敷等。

地区的气候,年均温较现代高 2—3℃ 左右。这一阶段植被也很繁茂,可能为我国北方沿海 20 万年以来又一植被繁盛期。此后,松树增多,温暖种属大为减少,说明气候温凉,比现代气温略低。全新世中期后,出现转向温和气候的波动,从带 XIII 孢粉的含量看,植物较前繁盛,草本植物增加,气候比全新世中期的前期凉,而比其后期暖,基本与现代气候相近。总之,全新世时期本区气候变化的四个阶段较明显。

#### 四、结 语

本剖面包括海相层和陆相层。陆相层是本区的河湖沉积物;海相沉积物主要来源于华北平原及胶东半岛和辽东半岛的黄河、滦河、辽河等几十条河流入海的泥沙。西北干旱区的风沙和随黄海北部海流带来的少量悬浮物质,也是本区沉积物的一个来源。沉积物中的孢粉,同沉积物一样,主要来自当地及其附近地区。作为渤海开展第四纪孢粉研究的最深钻孔,沉积地层比较连续,孢粉分析结果与本区其它研究成果相比<sup>[3,4,6]</sup>,则更为全面,更为详尽。这不仅反映了渤海及其周边区域的自然环境面貌,而且也反映了本区 20 万年来古气候和古植被的演变特征,(见表 2)。

#### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院自然区划工作委员会,1959。中国气候区划。科学出版社,26—63,87—88,158—162 页。
- [2] 中国植被编辑委员会,1980。中国植被。科学出版社,617—620,772—799,917—979 页。
- [3] 中国科学院地球化学研究所孢粉组、<sup>14</sup>C 组,1977。辽宁省南部一万年来自然环境的演变。中国科学 6: 605—610。
- [4] 孔昭宸、杜乃秋,1980。北京地区距今 30,000—10,000 年的植物群发展和气候变迁。植物学报 22(4): 330—337。
- [5] 石荣琳,1981。猛犸象化石在山东的发现。古脊椎动物与古人类 19(1): 25。
- [6] 杨子庚、李幼军、丁秋玲等,1979。试论河北平原东部第四纪地质几个基本问题。地质学报 53(4): 264—266。
- [7] 周昆叔、严富华、梁秀龙,1978。北京平原第四纪晚期花粉分析及其意义。地质科学 1: 57—63。
- [8] 周本雄,1978。披毛犀和猛犸象的地理分布、古生态与有关的古气候问题。古脊椎动物与古人类 16(1): 47—57。
- [9] 罗宝信、王毓钊、黄秋圃,1983。天津云杉孢粉组合与披毛犀化石共存的发现及其意义。地质科学 2: 160—163。
- [10] 张镇洪,1980。北黄海披毛犀和猛犸象化石的新发现。中国第四纪研究 5(1): 96。
- [11] 郑守仪、郑执中、王喜堂,1978。山东省打渔张灌区第四纪有孔虫及其沉积环境的初步探讨。海洋科学集刊 13: 26—29。
- [12] 黄万波,1979。北京阜城门—披毛犀化石的发现与晚更新世古气候问题。古脊椎动物与古人类 17(2): 172—174。
- [13] 裘善文、姜鹏、李风华,1981。中国东北晚冰期以来自然环境演变的初步探讨。地理学报 36(3): 315—326。
- [14] 韩有松,1982。山东半岛发现披毛犀化石。古脊椎动物与古人类 20(3): 247。

## STUDIES ON THE QUATERNARY SPORO-POLLEN ASSEMBLAGE FROM THE BOHAI SEA DRILLING CORE B<sub>c-1</sub> AND ITS PALEOCLIMATE\*

Meng Guanglan and Wang Shaoqing

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

### ABSTRACT

This paper has a discussion about thirteen spore-pollen assemblage zones since the late of middle Pleistocene based on the results of spore-pollen analysis, it shows that since 200,000 years B. P., the succession of paleovegetation and the paleogeographic environment have changed in the Bohai Sea and circumjacent areas. Paleoclimatic variation can be obviously divided into five cold and five warm periods, two cold and one warm periods in 200,000—100,000 year B. p. (the late of middle Pleistocene), three cold and three warm periods from 100,000 to 12,000 years B. P. (the late Pleistocene) and the one warm since 12,000 years B. P.. It became colder during the late Pleistocene cold periods. The coldest period is in the late of late Pleistocene and it belonged to periglacial climatic zone. The mean annual temperature then was over 10°C lower than that of present and the climate still fluctuated in the period. The warm periods in the middle of late Pleistocene were warmer and wetter than that of today, the mean annual temperature at that time was about 3—4°C higher than present one.

According to principle of climatic stratigraphy, the stratigraphic age is discussed based on the paleoclimatic changes obtained from spore-pollen analysis. Authors consider that the boundary of middle-late Pleistocene should be at 178—181 m and that of the Late Pleistocene-Holocene at 12.8 m. The results of climatic stratigraphy are consistent with that of magnetic stratigraphy.

---

\* Contribution No. 1411 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

