

浙江宁波地区第四纪自然环境变迁*

孟广兰 韩有松

(中国科学院海洋研究所)

第四纪自然环境的变迁,作为地球环境演变过程的最新一幕,对人类的生存和发展有着重要的意义。近年来,我们对中国东部沿海地区第四纪地质和海岸演化进行了研究,通过沉积物中孢粉和微体古生物等资料,对古气候及植被变化、海陆变迁等自然环境演变问题作了初步分析。宁波地区的研究是其中的一部分。

宁波滨海平原,地处东海之滨、杭州湾南岸,三面临海,一面临海,面积仅 850 平方公里。本区的第四纪地质调查主要是由浙江省地质局等有关单位进行的。我们利用浙江省地质局第六地质大队提供的钻探岩芯样品,作了孢粉、微体古生物、软体动物化石分析,并委托中国科学院地球化学研究所 C¹⁴ 实验室,作了部分样品的测年。本文总结已获得的资料,提出宁波地区第四纪自然环境演变的初步认识。

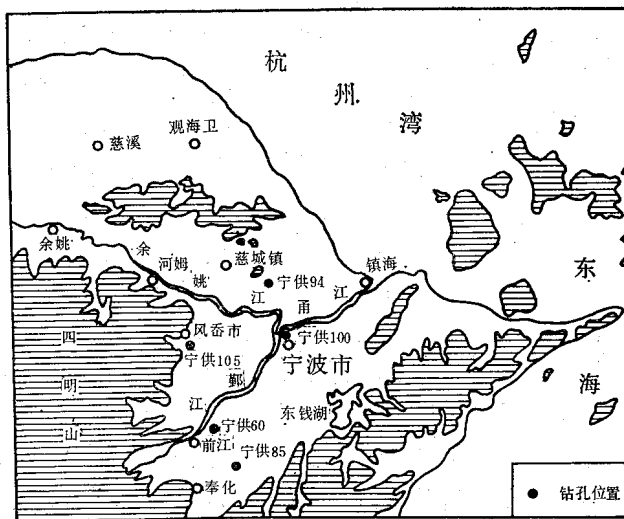


图 1 宁波平原平面位置图

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 823 号。

王少青同志协助分析孢粉样品和图版照相;蒋孟荣、李清同志清绘图件;浙江省地质局第六地质队三分队提供岩芯样品;中国科学院地球化学研究所 C¹⁴ 实验室协助测年;均致谢意。

收稿日期: 1982 年 7 月 12 日。

一、第四纪海相层及第四纪沉积地层特征

(一) 第四纪海相地层

根据宁供 94 号、85 号等钻孔岩芯样品的海相古生物化石分析和王绍鸿、汪品先等研究资料,本区发育有三个海相沉积层¹⁾。上部海相层为灰色淤泥质亚粘土、亚砂土,埋藏深度 1.5—48 米左右,层厚 17—45 米左右;自平原北部海滨向南以及自平原中部向四周丘陵边缘,层厚逐渐变薄。沉积物中含有丰富的有孔虫化石,主要属、种有嗜温转轮虫 [*Ammonia tepida* (Cushman)],显脐转轮虫 [*Ammonia flevensis* (Hofker)],缝裂企虫 [*Elphidium magellanicum* (Heron-Allen and Earland)],粒突原企虫 [*Protelphidium granosum* (d'Orbigny)],易变筛九字虫 [*Cribronion incertum* (Williamson)],球室转轮虫 [*Ammonia globosa* (Millett)],粗糙企虫 [*Elphidium hispidulum* (Cushman)],江苏小企虫 [*Elphidiella kangsuensis* (Ho, Hu et Wang)],孔缝筛九字虫 [*Cribronion porisuturalis* (Zheng, n. sp.)],假穹背虫 (*Pseudoeponides* sp.)、以及少数泡抱球虫 [*Globigerina bulloides* (d'Orbigny)] 等。海生软体动物化石主要有红肉兰蛤 (*Aloidis* sp.)、海月 [*Placuna placenta* (Linnaeus)],虎斑玉螺 [*Natica tigrina* (Roding)],珠带拟蟹守螺 [*Cerithidea cingulata* (Gmelin)],织纹螺 (*Nassarius* sp.)、拟蟹守螺 (*Cerithiopsis tubercularis* Montagu)、玉螺 (*Natica* sp.)、牡蛎 (*Ostrea* sp.) 等。中部海相层由深灰色亚粘土组成。埋藏深度 24—44 米左右,层厚 4—10 米左右。此层分布于平原的中部与北部,至丘陵边缘地带即行尖灭,如在宁供 85 号和 60 号孔内则缺失。层内含有少量有孔虫,主要为嗜温转轮虫、江苏小企虫、光滑九字虫 [*Nonion glabrum* (Ho, Hu et Wang)],显脐转轮虫等。下部海相层由深灰色、灰褐色亚粘土组成。埋藏深度 50—62 米,层厚 10—12 米左右。层内含有较多的有孔虫化石,主要为显脐转轮虫、嗜温转轮虫、孔缝筛九字虫、缝裂企虫等。

(二) 第四纪沉积地层发育特征

根据浙江省第六地质大队的钻探资料,宁波平原第四纪松散沉积物厚度一般为 60—100 米左右,靠近山前地带仅 30—40 米左右或更薄。沉积中心位于宁波市区以北地段,由平原中部、北部向四周山前地带逐渐变薄。依据岩性特点沉积地层大致可划分为三段。60—70 米以下为下段,以黄褐色、棕黄色、灰绿色、灰紫色粘性土夹砾石层为主,局部夹有细砂或亚粘土层,厚约 20—30 米,为河湖相沉积。40—60 米为中段,包括了上述下部和中部海相层以及两个陆相层。陆相沉积为灰色、浅黄色、灰绿色亚粘土和粉细砂层,分别处于本段的中部和上部,沉积厚度分别为 6 米和 4 米左右,可能为湖相沉积。30—40 米以上为上段,主要由上部海相层组成。其底部和顶部有较薄的灰黄色、黄褐色亚粘土陆相沉积物,尤其靠近山前地带陆相沉积颗粒变粗,为砂或粗砂砾石层,而且厚度加大。陆相

1) 参阅 1978 年中国第四纪地质学会学术会议论文:王绍鸿、韩有松,中国东部沿海第四纪海侵的初步探讨;汪品先、闵秋宝等,我国东部第四纪海侵地层的初步研究。(下同)

层中含有豆螺 (*Bithynia* sp.)、河蚬 (*Corbicula* sp.)、近江牡蛎 [*Ostrea rivularis* (Gould)] 等软体动物化石。

由上述可知,本区第四纪沉积地层之发育特征突出地表现为:下段是河湖相沉积,中、上段是以海相层为主的海、陆交互沉积。

(三) 地层时代的划分问题

本区缺乏地层年代的测量数据,我们仅从鄞-1 和宁供 100 号孔内收集了两个碳化木样品作了 C^{14} 测年。鄞-1 孔上部海相层之下,深 8.4 米的砂砾层中的碳化木测定为 12120 ± 700 年;宁供 100 号孔深 72.4 米砂层中的碳化木测定为 25630 ± 1300 年。此外,奉化县前江埋藏的牡蛎 C^{14} 测年为 8235 ± 120 年^[1]。基于这种状况,我们根据海相层、孢粉分析资料以及岩性地层对比,初步认为:下段可能属中更新统“嘉兴组”^[2],下部海相层属于上更新统早期,中部海相层属于上更新统中期。尽管宁供 100 号孔的测年结果尚嫌偏小,仍可证明其时代归属,故中段当属上更新统“东浦组”和“宁波组”^[2]。上部海相层无疑属于全新统,那么上段地层亦应属全新统“滨海组”^[2],鄞-1 孔的测年结果正反映了全新统的底部界限。

二、第四纪植被演替和古气候变化

(一) 孢粉组合特征

重点分析了宁供 94 号孔岩芯样品的孢粉,以此为例研究本区的孢粉组合特征。宁供 94 号孔位于宁波平原北部的洪塘公社旧宅大队,孔深 86 米,穿透第四纪松散沉积层,见下伏紫褐色泥质粉砂岩。共采取 30 块样品,除底部少数几块不含或极少含孢粉外,其他皆含有较丰富的孢粉。根据其组合特点,自下而上大致可划分为九个孢粉组合带(见图 2)。

带 I 深 62.50—86 米,位于下段岩性层。此段孢粉贫乏。上部含有少量以松属 (*Pinus*) 为主的针叶树花粉;阔叶树花粉如栎属 (*Quercus*)、椴属 (*Tilia*)、和栗属 (*Castanea*) 数量很少。

带 II 深 50.20—62.50 米处。孢粉的成分、数量均较带 I 有显著增加,以落叶阔叶树花粉为主,有胡桃属 (*Juglans*)、山毛榉属 (*Fagus*)、榆属 (*Ulmus*)、栎属和桦属 (*Betula*),其次有槲栎 (*Quercus dentata*)、榛属 (*Corylus*)、槭属 (*Acer*) 等。针叶树花粉以松属最多,还有少量柏科 (*Cupressaceae*)、铁杉属 (*Tsuga*) 和冷杉属 (*Abies*) 等。草本植物花粉以藜科 (*Chenopodiaceae*)、禾本科 (*Gramineae*)、菊科 (*Compositae*) 等为多。

带 III 深 43.80—50.20 米处。从图 2 中可以看出,乔木植物花粉含量显著降低 ($90\% \rightarrow 56.5\%$),而针叶树花粉则明显增加 ($8.3\% \rightarrow 29.8\%$)。除松属花粉外,还有少量喜冷的冷杉属、云杉属 (*Picea*)、落叶松属 (*Larix*) 等。落叶阔叶植物花粉急剧减少 ($82\% \rightarrow 26.6\%$ 左右),种属也有减少,主要有桦属、胡桃属、栎属和山毛榉属等。草本植物花粉增加

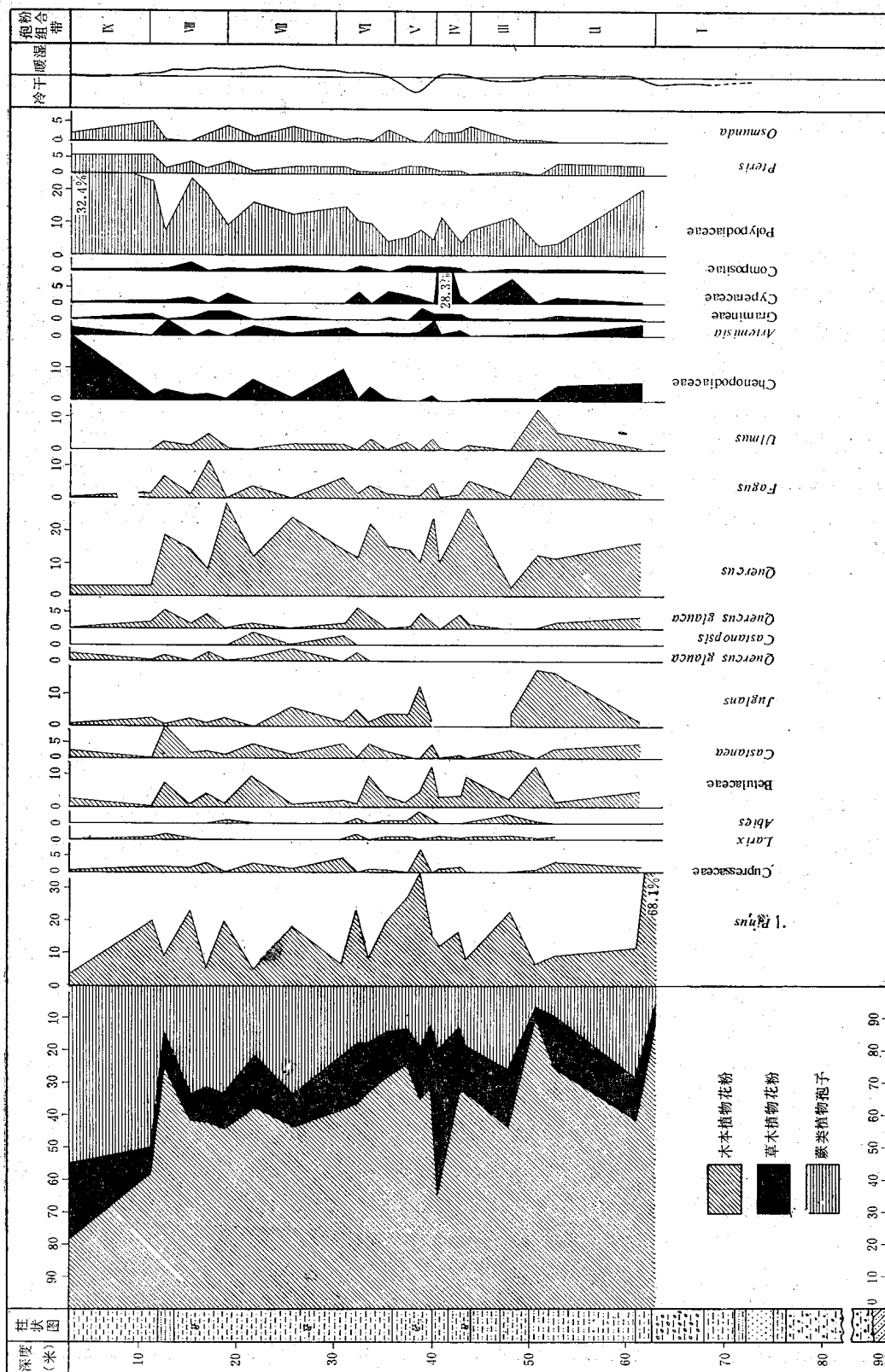


图2 宁供94号孔孢粉图式

(36%→16.1%),以莎草科(Cyperaceae)、藜科、菊科和禾本科为主,其次有唇形科(Labiatae)、毛茛科(Ranunculaceae)等。蕨类孢子主要有水龙骨科(Polypodiaceae)、鳞盖蕨属(*Microlepia*)等。

带 IV 深 40.10—43.80 米处。本带木本植物花粉增多,其中针叶植物花粉减少,阔叶植物花粉增多,与带 II 大体相似,只是阔叶树以栎属占优势。草本植物花粉显著增多,莎草科花粉有时(40.50 米处)可占 25% 以上,还有禾本科、菊科、香蒲属(*Typha*)等。蕨类孢子减少。

带 V 40.10—36.00 米处。孢粉组合中以针叶植物花粉占优势(39.5%),松属(34.5%)和冷杉属(3.6%)花粉明显增多。在各孢粉带中本带冷杉属花粉含量最高。另外还有云杉属、落叶松属和麻黄属(*Ephedra*)等。阔叶树花粉急剧减少(仅占本带孢粉总量的 36.1%)。作为优势种的栎属花粉,由原来的 30% 多减少到 10% 左右。山毛榉属等其他阔叶树花粉均大大减少。唯桦科花粉仍有一定量的保存,如桤木属(*Alnus*)等。草本植物花粉增多,以禾本科、菊科、蒿属(*Artemisia*)为主,其次有莎草科、虎耳草科(*Saxifragaceae*)和藜科等。蕨类植物孢子含量很少。

带 VI 深 30.00—36.00 米处。针叶树花粉大幅度减少(39.5%→10.2%)。阔叶树花粉显著增多(36.1%→56.9%),主要是以栎、槲栎、桦、栗属为主的落叶阔叶乔木植物。在其顶部出现了少量的常绿阔叶树花粉,如青岗栎(*Quercus glauca*)等。

带 VII 深 19.00—30.00 米处。针叶树花粉大为减少,仅占孢粉总量的 8% 左右,喜冷种几乎绝迹。阔叶树花粉大量增加,特别是常绿阔叶树花粉增多,如青岗栎、栲属(*Castanopsis*)等。本带常绿阔叶树花粉含量在本区最高。落叶阔叶树栎的花粉含量最多,其次是胡桃、桦、山毛榉、栗、榆等,槭、椴、鹅耳枥属(*Carpinus*)、杜鹃科(*Ericaceae*)木兰科(*Magnoliaceae*)等花粉,也有一定的含量。草本植物减少,主要种属有藜科、蒿属等,还有豆科(*Leguminosae*)、菊科、蓼科(*Polygonaceae*)、黑三稜属(*Sparganium*)、香蒲等。蕨类植物增加,如水龙骨科、卷柏属(*Selaginella*)、凤尾蕨属(*Pteris*)、紫萁属(*Osmunda*)、鳞盖蕨、海金沙属(*Lygodium*)等。

带 VIII 深 11.50—19.00 米处。常绿阔叶树花粉大量减少,以栎为主的落叶阔叶树仍占优势。针叶树花粉略有增加。

带 IX 深 3.10—11.50 米处。乔木植物花粉大大减少,占总量的 21.6%,草本和蕨类植物孢粉则明显增多。蕨类孢子最多,占总量的 54.4%,其中水龙骨科占绝对优势,其次为鳞盖蕨、凤尾蕨、紫萁、里白属(*Gleichenia*)、桫欏科(*Cyatheaceae*)、海金沙等。草本植物花粉占 23.8%,藜科最多,其次为蒿属、菊科、禾本科等。乔木植物中阔叶树花粉较多,且以落叶阔叶树花粉为主,夹杂少量常绿种,仍以栎为主,其次为榆、胡桃、枫香属(*Liquidambar*)、栗、桑科(*Moraceae*)等。针叶树松的含量大大减少,仅占 3.8%,其次有苏铁属(*Cycas*)、铁杉属(*Tsuga*)、罗汉松属(*Podocarpus*)等。

(二) 植被类型和古气候

宁波平原第四纪沉积物中的孢粉,主要来自当地及其周围山地丘陵区。上述孢粉

组合特征反映了地质时代本地一定区域的植被类型,以及较大范围的古气候变化概况。

宁供 94 号孔 62.50 米以下的下段灰褐色、黄褐色、杂色砂砾石夹粘土和中细砂沉积,为孢粉贫乏的地层,给恢复中更新世以前的古植被、古气候带来困难。

晚更新世早期,带 II、带 III 孢粉组合反映了气候由温凉向温凉干燥变化的一次波动。带 II 的植被类型是以落叶阔叶树为主的阔叶针叶混交林。林下和平原地带生长着草本植物及蕨类植物。枫香、槭、木兰等的出现标志着气候温暖湿润;柏、铁杉、冷杉的存在则反映凉和干,但这是次要的。带 III 针叶树花粉明显增多,草本植物成倍增加,尤其喜冷植物冷杉、云杉、落叶松、毛茛增加,但不太多;阔叶植物急剧减少,但仍占 26.6%,与带 II 相比发生了较大变化。这说明气候较前变得较冷且干,具有温凉干燥的特征,形成阔叶针叶混交林-草原植被。

晚更新世中期,带 IV 的孢粉组合特征为针叶树花粉减少,阔叶树花粉增多,草本植物显著增加,莎草科有时可占 25% 以上,反映气候较前变得温和了。并且黑三稜等水生植物出现。表明气候较为温暖湿润,生长着滨海的森林草原植被。

晚更新世晚期,带 V 的组合特征是松属为主的针叶树花粉占优势,冷杉、云杉、落叶松花粉显著增多,本层冷杉含量在本区最高。落叶阔叶树花粉急剧减少,处于极次要地位。草本植物增加,出现了寒冷性虎耳草科花粉。形成针阔叶林-草原植被。冷杉花粉占 3.6% 说明附近丘陵区内有小片的冷杉林存在。浙江省庆云县万里林场枫岭残存的百山祖冷杉,则是最好的“活化石林”证据^[3]。但目前本区冷杉林已绝迹。然而这样的植被分布在现代华北地区 1600—2000 米以上和东北地区 1100—1800 米的山地^[4]。由此估算,本区当时的气温约较现代低 10℃ 左右,气候较为寒冷和干燥。

全新世沉积物形成时间短,而且连续沉积,给分析研究带来方便。从孢粉组合图式看,明显的表现为四分性,即可分为四个组合带。

全新世早期带 VI 较带 V 的针叶树花粉大大减少,阔叶树花粉大大增多,草本、蕨类皆有增加,表现为以落叶阔叶树属为主的阔叶针叶混交林,并出现少数常绿阔叶树花粉。这说明气候较晚更新世晚期发生了根本性变化,摆脱了寒冷气候,具有温凉略干的特点。

全新世中期带 VII 的组合特征是阔叶树占优势,而且本带常绿阔叶树含量在本区最高,如青岗栎、栲等;针叶树花粉已很少;形成了落叶和常绿混交林,可能相当于现代浙江西部丘陵区植被类型。并且林下生长着大量喜暖喜湿的蕨类植物,如海金沙、凤尾蕨、水龙骨等;河湖水边生长着喜湿的香蒲、黑三稜等。这说明气候较湿热,气温较现代高 1—2℃ 左右。

带 VIII 同带 VII 相比,常绿阔叶树的成分、含量均减少,而且针叶树成分略有增加,显然出现了气温下降的趋势,整个气候变得温凉,形成明显的波动。

全新世晚期带 IX 组合的特征反映了当地的现代植被面貌:蕨类植物占优势,草本植物增加,乔木植物减少。这说明沼泽湿地面积较大,年轻平原的滨海植物群落正在形成和发展,气候温暖湿润,相当于现代的气候、植被特征。

(三) 古气候演变特点

前节已述,宁波平原第四纪以来古气候有冷暖干湿的波动变化,并非一直处于亚热

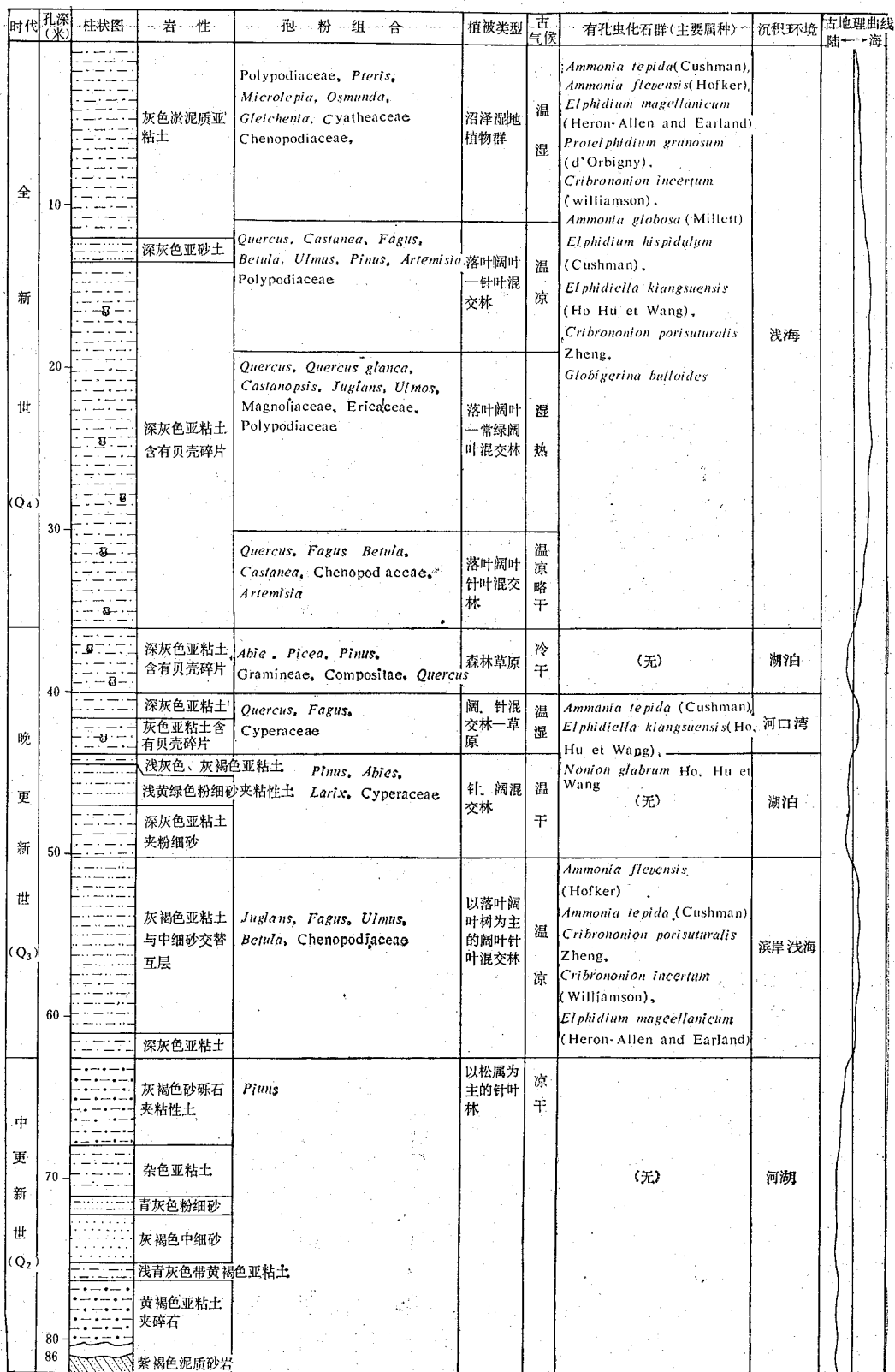


图3 宁供94号孔自然环境演变综合柱状图

带-热带暖湿气候带^[5]。然而本区位于滨海一隅,是个小平原,而且面向海洋,地理位置比较特殊,冷暖干湿的变化幅度不算太大,特别是冷期不太冷。邻近地区,有早更新世的四明山青岭岗寒冷期,晚更新世的天目山泥流阶地和天目山冰坑寒冷期^[6,7]。宁波平原晚更新世晚期带V组合中以松为主的针叶树花粉占优势,其中含有3.6%的冷杉,还有云杉、落叶松等寒冷植物花粉,并有较多具有下降趋势的落叶阔叶种。这表明较邻区寒冷期温和些。此外,东海海底及长江下游地区发现少数寒冷性动物猛犸象(*Mammuthus primigenius* Blumenbach)、披毛犀(*Coelodonta antiquitatis* Blumenbach)化石^[8],南京附近有冷型下蜀黄土生成,根据这些情况来看,本区当时仅处于冰缘前缘地带,邻近山谷中生长小片冷杉等寒冷植物林是完全可能的。百山祖冷杉林也是冰缘前缘地带的一种必然产物,其后仅仅是由于某些特殊自然条件被子遗保存下来,成为罕见的“活化石林”。至于本区晚、中更新世的气候则较本区晚更新世晚期的冷期温和多了。更新世早期四明山青岭岗寒冷期的存在,当然可以证明本区亦可能有冷期出现,但由于资料缺乏,暂不探讨。

其次,关于我国东部沿海全新世气候的分期问题,在现有的研究成果中,有的作五分,也有的作四分^[9,10,11]。根据本区孢粉组合特征,我们觉得四分较妥当。带VI代表脱离冷期之后的温凉期,下部不见常绿树花粉,上部则出现,说明气候转暖。带VII常绿树花粉较多出现,针叶树花粉急剧减少,阔叶树花粉占绝对优势,喜热的海金沙属、凤尾蕨属等蕨类孢子增加,出现较为湿热的时期,这就是所谓的全新世中期最佳气候期。带VIII主要特点是常绿树花粉减少,针叶树花粉增加,反映气候波动较大,再度出现温凉期。带IX的特色是蕨类孢子大增,且以喜暖性种为主,说明本区气候又变得暖湿,地表多河湖水塘。

总之,本区全新世气候波动变化,可分为早全新世的温凉期、中全新世的湿热期和温凉期以及晚全新世的暖湿期。

三、第四纪海侵及其海陆变迁

对海相地层的研究表明,不同地段的海相层次不一样。平原北部的宁供94号孔和东部的镇海C-6-7孔有三个海相层,南部的宁供85号孔却只见一个海相层。这说明本区曾发生过三次海侵活动,而且三次海侵所及范围不同。

对海相沉积物中微体古生物有孔虫进行了分析,从其含量和生态组合特征等要素看,三个海相层反映的三次海侵并不完全一样。下部海相层中有孔虫数量较少,50克样品中有100粒以上,约有20个近岸浅水种出现,可能为较浅的海湾环境;中部海相层中有孔虫少,50克样品中少于100粒,仅有10种左右沿岸浅水种,可能为较小的河口海湾环境。上部海相层有孔虫含量丰富,50克样品中有1000粒以上,而且发现60多个种,其中多数为暖性近岸浅水底栖种,并出现少数浮游种泡泡球虫,表现出较强的海相性,故认为属于浅海环境。

由此可知,晚更新世早期的海侵较小。将已分析的钻孔同其他钻孔岩性对比,估计此次海侵仅波及本区的北部和东北部分,其南界大概过宁波市区南部不远。晚更新世中期的海侵海相性更弱,可能波及范围较前还要小。从平原钻孔资料看,皆有上部海相层存在,南部边缘奉化县尚桥公社王家江村的宁供85号孔、方桥公社仑基村的宁供60号孔、

鄞县的鄞-1孔和西部边缘凤岙镇吴家槽村的宁供105号孔等仅见一个海相层。这说明全新世海侵波及平原的全部区域。

本区发生过的三次海侵以全新世海侵为最大,同中国东部滨海区相比,全新世海侵的普遍性是本区的显著特点^[12]。全新世海侵的海相性强这一特点同海州湾南岸连-2孔相似^[13]。其它地区则是另一种情况,如渤海沿岸的第Ⅲ海相层较强,上海地区则以第Ⅱ海相层为强^[14]。此外,本区西侧的慈溪平原发现有四个海相层^[14],而曹娥三角站则只见全新世海相层。同处杭州湾南岸滨海平原区而存在如此差异,可能同海侵大小、原始地形以及地貌运动^[15]的差异性有关。

对沉积地层和海侵活动的研究为本区海陆变迁的轮廓分析提供了基础。根据已有资料,我们认为中更新世之前,宁波平原一直处于陆地河湖环境。它成为一个较浅的山间盆地,堆积了厚二、三十米以上的砂砾石及亚粘土、粉细砂层,粒度粗大,砾石多数磨圆较差,反映出山地抬升、洪冲积和湖相堆积。晚更新世以来宁波地区的演变过程同整个中国东部沿海大体相近。晚更新世早期,海水侵入平原的大部分地区,堆积了较薄的泥质和粉砂质沉积物,时间不长,海水退出,使宁波地区及其以北地区形成低洼的湿地或湖泊。至晚更新世中期,约4万—2.4万年前,由于洋面升高,海水侵入本区北部沿海,形成宽展河口湾环境,堆积了数米厚的深灰色亚粘土;由于河口湾有机质多,海相动物繁盛,沉积物中残留了较多的贝类遗壳;此外,还生成了少量的蓝铁矿。2.4万年之后,玉木盛冰期阶段,世界洋面大幅度下降,整个中国浅海出露成陆,本区亦再次成为陆地。由于基准面下降,陆地侵蚀切割较甚,宁波组地层表面起伏较大,有些地段已被完全切割掉。约在1.2万年前,第四纪冰期结束。冰后期气候转暖,世界冰流消融汇入海洋,造成洋面回升,发生了造就今日世界陆架浅海的最新一次全球性“陆架海侵”^[12]。此次海侵侵入本区估计在8千年前,较北方沿海略早。其根据有二:(1)奉化前江埋藏的牡蛎的测年资料;(2)本区西侧余姚河姆渡文化遗址存在于5—7千年前^[16],其下伏为全新统海相和滨海相沉积层。这里的海相沉积则发生在海侵初期,海水抵达河姆渡(地处丘陵与平原之交接带岗地上)不久即行退出。本次海侵使宁波平原成为汪洋大海,慈城和镇海附近的丘陵沦入海洋成为岛屿。虽然海水停留时间仅5—6千年,但由于基面抬高,加强了堆积作用,因而沉积厚30—40米的海相层,成为本区第四纪旺盛堆积期。

再者,根据上部海相层沉积物有孔虫化石分析,发现有孔虫数量变化较为明显,33.80—36.00米段少量,27.00—30.90米段很少数,15.55—22.00米段大量至丰富,11.60—12.40米段较少,6.8米段较多。总体看来具有下少、中多、上少的三分性,但其中仍有较小波动变化,同孢粉-古气候分析基本接近。这反映了气候-海面同步波动的相关关系。至于海水何时退出本区至现在海岸地带,尚无测年资料证明,但据邻区研究成果分析,大约亦在2—3千年前。其后则进入现代冲积时代,形成今日平原之面貌。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院考古研究所 C¹⁴ 实验室, 1978. 放射性碳素测定年代报告(五). 考古4: 243.
- [2] 浙江省区域地层表编写组, 1979. 华东地区区域地层表, 浙江省分册, 地质出版社, 7—8 页.
- [3] 浙江省庆云县万里林场, 1976. 百山祖冷杉的发现. 植物分类学报 14(2): 15—21.
- [4] 中国植被编辑委员会, 1980. 中国植被. 科学出版社, 220—223, 802—808 页.

- [5] 黄培华, 1963. 中国第四纪时期气候变迁的初步探讨. 科学通报 1: 34—39.
- [6] 刘金陵、叶萍宜, 1977. 上海、浙江某些地区第四纪孢粉组合及其在地层和古气候上的意义. 古生物学报 16(1): 3—7.
- [7] 徐肇、韩辉友, 1981. 浙江天目山地区第四纪孢粉组合及其古气候意义. 中国地理学会 1977 年地貌学术讨论会文集, 科学出版社, 317—328 页.
- [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.
- [9] 杨怀仁、徐肇, 1980. 中国东部第四纪自然环境的演变. 南京大学学报(自然科学版) 1: 138—139, 表 5.
- [10] 中国科学院地球化学研究所孢粉组、C¹⁴ 组, 1977. 辽宁省南部一万年来自然环境的演变. 中国科学, 6: 608—610.
- [11] 王开发等, 1979. 东海北部沉积物的孢粉、藻类组合及其地层、古地理. 同济大学学报 2: 143—144.
- [12] 韩有松等, 1981. 试论陆架海侵. 科学通报 26(6): 363—365.
- [13] 王绍鸿、韩有松, 1980. 海州湾南岸第四纪海侵研究. 海洋科学 2: 19—23.
- [14] 汪品先等, 1981. 我国东部第四纪海侵地层的初步研究. 地质学报 1: —3.
- [15] 杨怀仁, 1981. 中国地貌运动与地貌学基本理论问题. 中国地理学会 1977 年地貌学术讨论会文集, 科学出版社, 334—339 页.
- [16] 浙江省文物管理委员会、浙江省博物馆, 1978. 河姆渡遗址第一期发掘报告. 考古学报 1: 39—93.

ON QUATERNARY ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE NINGBO AREA, ZHEJIANG PROVINCE*

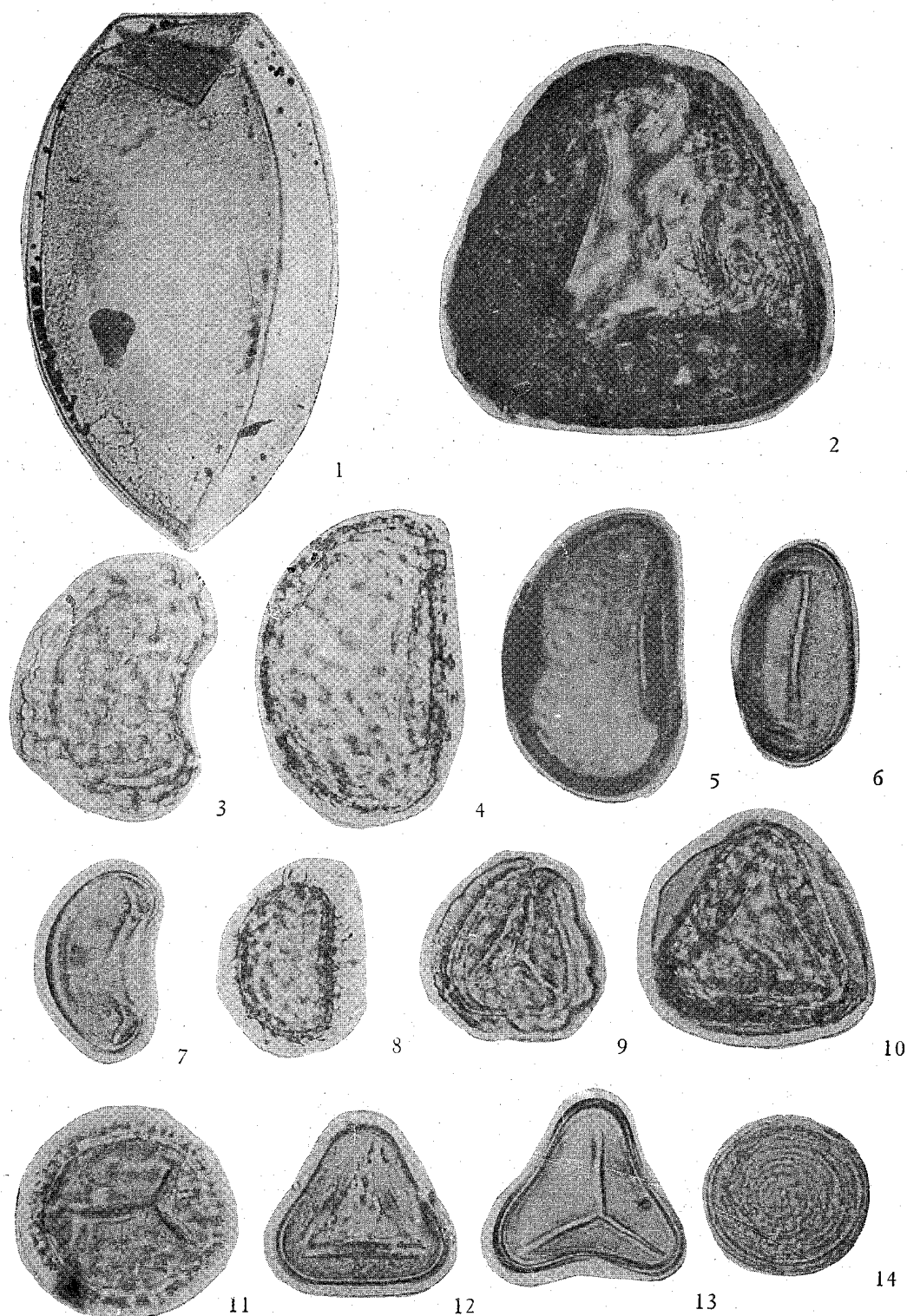
Meng Guanglan and Han Yousong

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

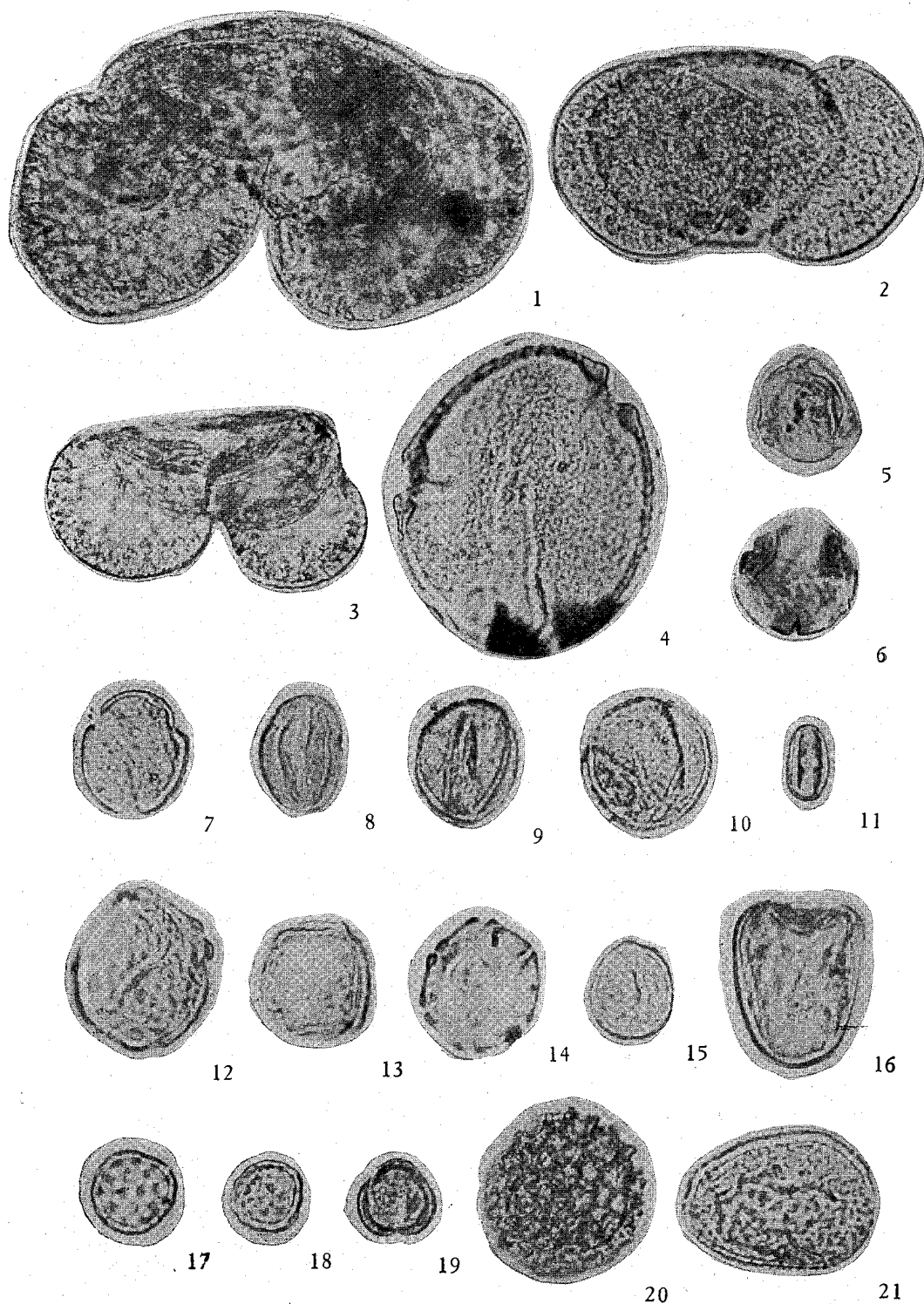
ABSTRACT

A preliminary attempt was made to reconstruct climatic conditions in the Ningbo Coastal Plain, Zhejiang Province, based on microfossil analysis of a core drilled on the southern coast of Hangzhou Bay, East China Sea. Results of analysis show that spores and pollens are rich in the middle and upper parts but scarce in the lower part, and nine sporo-pollen zones are distinguishable from the Upper Pleistocene upwards. Changes in the feature of sporo-pollen assemblages indicate Pleistocene climatic fluctuations and suggest three cool periods, the late Middle Pleistocene, the early and late Late Pleistocene (Q_2^3 , Q_3^1 and Q_3^3). During the late Late Pleistocene, which was synchronous with the Dali Glacial Age, the temperature was about 10°C lower than that of today and the weather was not very cold in comparison with that of the innerland, suggesting that this area might have had been in the frontal zone of the glacial borderland. In contrast, the early and the middle Late Pleistocene (Q_3^1 and Q_3^2), and the Holocene were three warmer periods. However, the Holocene can be subdivided into four subperiods. The middle Holocene climate was relatively damper and hotter, with the temperature $1\text{--}2^\circ\text{C}$ higher than today. The climatic fluctuations brought about changes in the nature of the vegetation. In the cold weather of the Late Pleistocene, cold-tolerant types such as *Abies*, *Picea* and *Larix* flourished in the conifer-broadleaf forest and forest-grassland. In the adjacent mountain region existed a small tract of *Abies beshan-zuensis*, just like that thriving today in Qingyun County, southern Zhejiang. The middle Holocene found many kinds of evergreens and broadleaf species, such as *Quercus glauca* and *Castanopsis*, etc, but less in quantity, indicating that the climate then had been comparatively sultry. The three layers of marine sediments recorded the three transgressions on the Ningbo Plain. The whole area was under the influence of the Holocene transgression, which might have been a little earlier (about 7000—8000 yrs BP) than that happening on the northern part of China coast. The sediments deposited during the two upper Pleistocene transgressions, however, were not so typically marine as the Holocene. The latter two transgressions influenced only the northern and middle parts of the plain. The crustal oscillations of the area investigated are different from those of the Shanghai area and of the coastal plain on the west of the Bohai Sea but are comparable to those happening on the southern coast of the Haizhou Bay. The difference might be attributed to changes in the sea-level, in the original topography and in the geomorphological movements, etc.

*Contribution No. 823 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.



1.槐叶蘋 *Salvinia natans* (L.) All ($\times 300$); 2.海金砂属 *Lygodium* ($\times 750$); 3—8. 水龙骨科 *Polypodiaceae* ($\times 750$); 9, 10. 凤尾蕨属 *Pteris* ($\times 750$); 11. 紫萁属 *Osmunda* ($\times 750$); 12. 里白属 *Gleichenia* ($\times 750$); 13. 蕨属 *Pteridium* ($\times 750$); 14. 环纹藻 *Concentricysts* ($\times 750$)



1.冷杉属 *Abies* (×750); 2, 3. 松属 *Pinus* (×750); 4.山毛榉属 *Fagus* (×750); 5.桦属 *Betula* (×750); 6.椴属 *Tilia* (×750); 7, 8. 栎属 *Quercus* (×750); 9.麻栎 *Quercus acutissima* (×750); 10. 槲栎 *Quercus dentata* (×750); 11. 栗属 *Castanea* (×750); 12, 13.榆属 *Ulmus* (×750); 14, 15. 胡桃属 *Juglans* (×750); 16.莎草科 *Cyperaceae* (×750); 17, 18. 藜科 *Chenopodiaceae* (×750); 19. 蒿属 *Artemisia* (×750); 20. 蓼科 *Polygonaceae* (×750); 21. 眼子菜属 *Potamogeton* (×750)