

渤海西部及沿岸地区晚更新世以来孢粉组合及地层、古地理研究*

金 小 凤

(北京石油勘探开发研究院)

渤海为我国内海。有关单位曾对海区中部及海峡地区的六个柱状剖面样进行了孢粉分析,为渤海海洋孢粉研究积累了宝贵资料。为了进一步探索渤海西部及沿岸地区沉积物中孢粉的分布规律,推断沉积物的地质时代,划分、对比地层,恢复古地理和古气候,追溯海盆物质来源和运移等,本文对位于渤海西部的渤25、渤12-2和位于现代滦河三角洲上的乐五柱状剖面样进行了孢粉、藻类研究。

一、剖面位置

乐五井位于九房间以东 200 米的现代滦河三角洲上(图 1),剖面长度为 185.5 米。

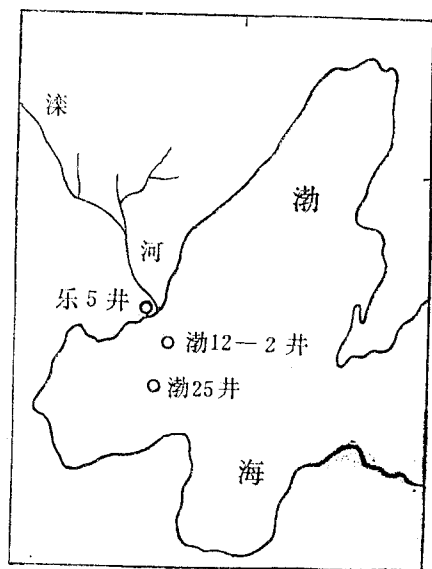


图 1 剖面位置示意

渤25井位于E118°58'3", N38°31'8" (图 1),剖面长13.8米,孔口水深23米。
渤12-2井位于E119°21'58", N38°59'27"

(图 1),剖面长48.23米,孔口水深25米。

二、孢粉组合、古植被和古气候

在分析的样品中,孢粉含量丰富,种属众多,主要孢粉组分为: *Pinus*, *Larix*, *Cupressaceae*, *Ephedra*, *Salix*, *Alnus*, *Betula*, *Quercus*, *Castanes*, *Ulmus*, *Morus*, *Humulus*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Acer*, *Sparangiaceae*, *Potamogetonaceae*, *Typha*, *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Lilium*, *Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Artemisia*, *Polygonum*, *Caryophyllaceae*, *Polypodiaceae*, *Pteridium*, *Pteris*, *Bryophyta*, *Hystri-chosphaera*, *Concentricystes*。

根据孢粉组合及其在剖面上的变化,乐五井自下而上分为八个孢粉带(图 2)。

- I. *Quercus-Pinus-Artemisia-Chenopodiaceae* 孢粉带。
- II. *Bryophyta-Artemisia-Picea* 孢粉带。
- III. *Quercus-Artemisia-Chenopodiaceae* 孢粉带。
- IV. *Artemisia-Bryophyta-Picea* 孢粉带。
- V. *Pinus-Quercus-Artemisia* 孢粉带。
- VI. *Quercus-Pinus-Artemisia* 孢粉带。
- VII. *Pinus-Quercus-Chenopodiaceae* 孢粉带。
- VIII. *Chenopodiaceae-Artemisia* 孢粉带。

渤25井可分为四个孢粉带(图 3),自下

* 本文在同济大学王开发副教授直接指导下写成,深表谢忱。

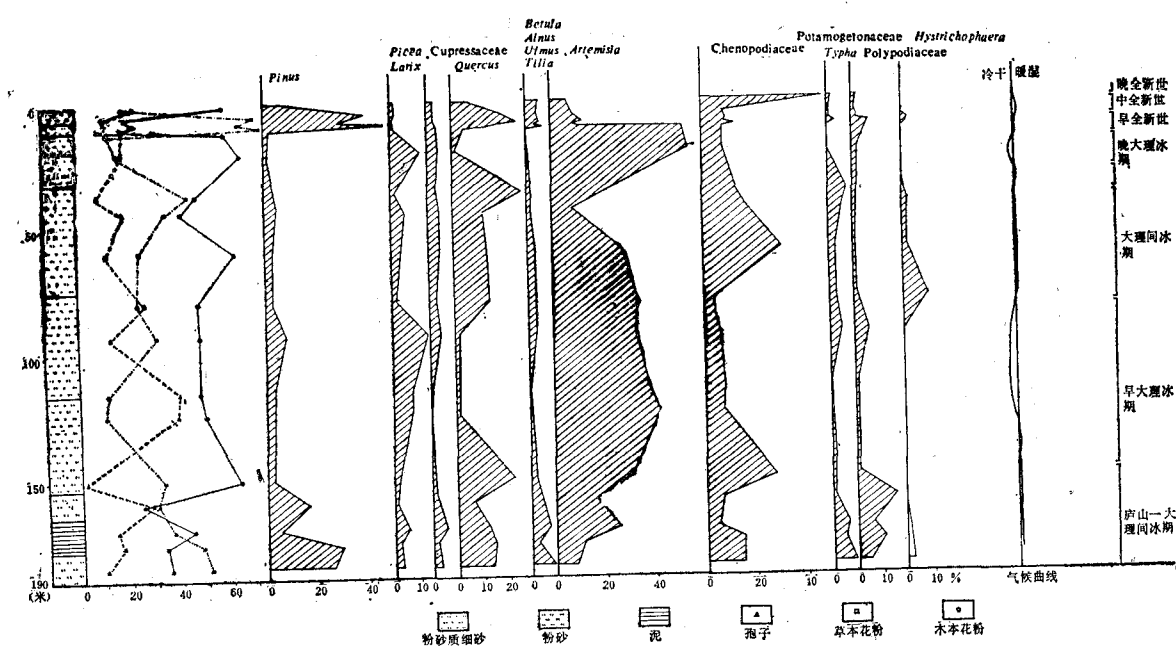


图2 乐亭县第五号剖面孢粉图式

而上为:

- A. *Pinus-picea-Bryophyta-Artemisia* 孢粉带。
- B. *Pinus-Artemisia-Chenopodiaceae* 孢粉带。
- C. *Quercus-Chenopodiaceae-Hystrichosphaera* 孢粉带。
- D. *Chenopodiaceae - Artemisia - Pinus-Quercus* 孢粉带。

渤12-2井自下而上分为四个孢粉带(图4)。

- (1) *Artemisia - Chenopodiaceae-Bryo-*

- phyta-picea* 孢粉带。
- (2) *Artemisia-Typha - Quercus-Pinus* 孢粉带。
- (3) *Artemisia - Chenopodiaceae-Bryophyta-Picea* 孢粉带。
- (4) *Pinus-Typha - Polypodiaceae* 孢粉带。

上述三个剖面的孢粉组合具有明显的一致性和内在联系, 根据孢粉带的垂直变化, 渤海西部及沿岸地区的古植被演替、海陆变迁、古气候变化等可分为七个阶段。

第一阶段: 落叶阔叶、针叶混交林-草原。

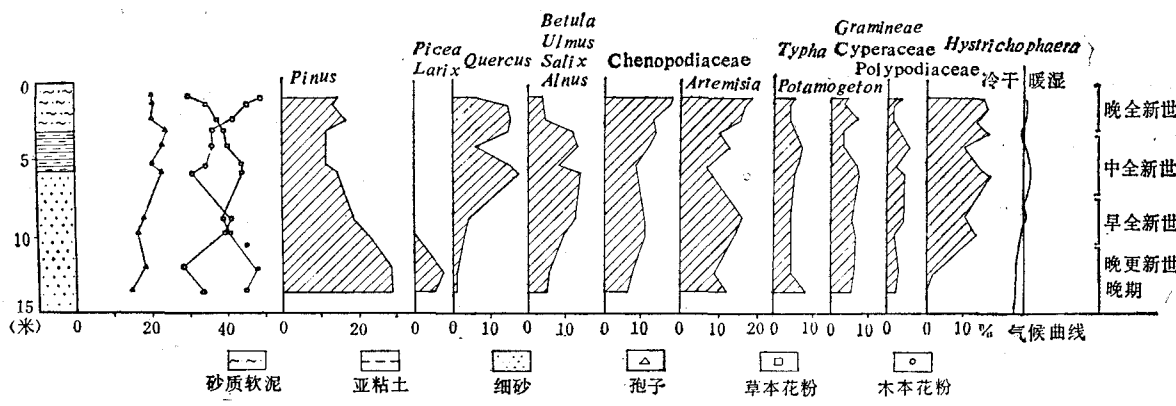


图3 渤25井孢粉图式

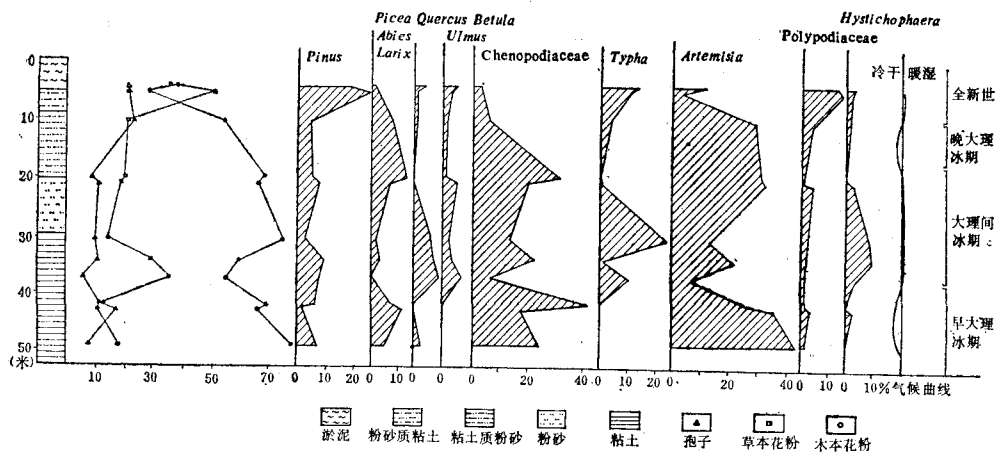


图4 渤12-2井孢粉图式

乐五井带I的孢粉成分，主要为栎属、松属、蒿属和其它落叶阔叶树种，且木本植物花粉的含量达31.0—52.8%。当时的植被面貌是后缘山地及附近低山分布着落叶阔叶树栎和针叶树松组成混交林，林中杂有其它阔叶树如桦、榆、桑和椴木等。在平原地区的湖沼中生长香蒲、眼子菜和蓼等水生和湿生草本植物。滨海地带藜和蒿草茂盛。该植被景观与现华北平原中部甚为相似，反映当时气候温暖，气温接近或略高于本区现今温度。

此外，本阶段早期（带I的底部）有少量小型刺球藻，含量为1.4%，按南黄海刺球藻的研究，可推知当时海水曾进侵到现滦河三角洲地区，但时间短促海侵程度不高，属非正常海域。

第二阶段：暗针叶林-草原。

乐五井带II和渤12-2井带（1）的优势成分基本一致，皆为苔藓、蒿属、云杉、冷杉属及落叶松属，反映的植被为暗针叶林-草原，林中主要成分为云杉和冷杉，在其分布下界有少量落叶阔叶树桦和椴木等，林下及其它低凹湿地长满苔藓，平原地区生长以蒿属和藜科为主的草本植物。

以云杉为主的暗针叶林我国现分布于寒温带和相当于寒温带的中高山地，如太行山北端的小五台山和河北省北部的雾灵山海拔约1600米以上有分布，按山地每升高100米气温下降

0.5℃计算，那么，暗针叶林分布下限处的气温应比三角洲和滨海地带低8—9.5℃，因此，本区当时属寒温带，年平均气温较目前低8—9.5℃，为1—3℃。

此外，渤12-2井带（1）中似乎不含刺球藻，根据刺球藻仅分布于海相层，表明当时因气候寒冷，海面下降，陆架裸露。

第三阶段：以栎为主的落叶阔叶、针叶混交林-草原。

栎属、蒿属和藜科花粉为乐五井带III和渤12-2井带（2）的主要成分，表明暗针叶林基本退出本区，代之而起的是以栎和松为主的落叶阔叶、针叶混交林，林中混生桦、榆、桑、柳、鹅耳枥和柏，林下生长水龙骨科和少量喜温的石松植物，沿海平原蒿和藜等草本植物茂盛，同时，乐五井带III下部含有13.1%环纹藻，渤12-2井带（2）中含10.1—23.3%香蒲属花粉，表明本地区当时河网纵横，湖泊广布。该植被与目前黄淮平原相似，气候温暖湿润，气温稍高于华北平原现今温度。

由于渤12-2井带（2）和乐五井带III中刺球藻占有一定比例，也表明当时气候转暖，海面上升，现滦河三角洲地区为水深10—20米的浅海。

第四阶段：暗针叶林-草原或含云杉的针叶林-草原。

乐五井带IV、渤12-2带（3）和渤25井带

A的特征基本相似,主要由苔藓、藜科、蒿属、云杉属、冷杉属和松属等孢粉组成,耐寒的云杉再度迁入本区,气候又趋寒冷,与第二阶段相似。

本阶段沉积物中出现一定量的淡水环纹藻,而刺球藻所见甚微,表明因气候寒冷,海水复又东退,本区再度出露成陆。

第五阶段:以松为主的针阔叶混交林和草原。

根据乐五井带V的特征,本阶段早期是以藜和蒿为主的草原植被,晚期,随着气温回升,形成了以松为主的针阔叶混交林,气候属温凉略干。

渤25井带B中近岸浅海型刺球藻含量达13.6%,且在带C和带D中仍有一定比例,表明当时海水西侵,现代渤海西部地貌轮廓基本形成。

第六阶段:含少量常绿阔叶树的落叶阔叶针叶混交林。

乐五井带VI和渤25井带C的主要组分及其含量基本一致,反映了西部沿岸地区的植被为含少量常绿阔叶树的落叶阔叶、针叶混交林,与目前长江三角洲后缘山地和平原中蚀遗残丘上的植被相仿,因此,当时本区气温应比今日华北平原高,气候属温热湿润。

渤25井带C中刺球藻含量为该剖面最高值,达17.0%,表明当时海面抬升,该井附近已成为水深超过20米的海域。

乐五井带VII所反映的植被表明本区在该阶段的后期,气温下降,常绿阔叶树完全消失,落叶阔叶树含量相应减少,针叶树含量不断增高,形成了以松、栎为主的针阔混交林。

第七阶段:以松、栎为主的针阔叶混交林和盐土草甸。

藜科、蒿属、松属和栎属为乐五井带VIII和渤25井带D的主要成分,反映沿海地区是以藜和蒿为主的盐土草甸,后缘山地为以松、栎为主的针阔混交林,与本区现今植被相仿,则当时气候为温和半湿润(详见表1)。

三、地质时代

本区孢粉组合呈现喜冷和喜暖植物群落的相互演替。反映气候冷暖交替的变化,且除一些耐寒冷种属外,其它绝大部分种属与现渤海西部沿岸地区的植物相类似,所以三个柱状剖面沉积物的地质时代应为第四纪。

华北平原东部地区第四纪孢粉研究较为详细,对本区划分、对比地层提供了丰富资料(详见表2)。河北省第七地质大队等单位对河北平原东部的第四纪地质作了详细研究,据有关孢粉组合特征和 ^{14}C 测年资料,确定了第四纪孢粉带的划分,其中第四间冰期至第五冰期阶V₂的孢粉带变化为:针阔叶花粉混交带→暗针叶树花粉优势带→阔叶树花粉优势带→暗针叶树花粉优势带。乐五井带I—IV、渤12-2井带(1)—(3)和渤25井带A与上述孢粉带相比基本一致,且寒冷与温暖气候周期性交替,因此,沉积物的地质时代应为距今二十万年至一万年的晚更新世。各阶段的气候分期为:

第一阶段,气候温暖湿润,以栎和松为主的针阔混交林-草原,属庐山-大理间冰期。

第二阶段,气候寒冷干燥,暗针叶林-草原,属早大理冰期。

第三阶段,气候温暖湿润,以栎为主的阔叶、针叶混交林-草原,属大理间冰期。

第四阶段,气候寒冷干燥,暗针叶林-草原或含云杉的针叶林-草原,属晚大理冰期。

对河北平原东部、渤海中部和海峡地区、辽宁南部全新世沉积物中孢粉的研究表明,尽管孢粉组合因地而异,但反映的气候波动却是一致的,都具有一个阔叶树花粉高含量带。

乐五井带V—VIII、渤25井带B—D和渤12—2井带(4)所反映的植被演化和气候波动与上述地区基本一致,根据上述地区的全新世气候分期,本区第五阶段属早全新世,植被以松为主的针阔叶混交林-草原,气候温凉略干;第六阶段属中全新世,早期植被为含少量常绿阔叶树的落叶阔叶、针叶混交林,气候温热湿

表 1 柱状剖面孢粉组合对比

地质时代	分期	乐五井孢粉组合	渤12-2井孢粉组合	渤25井孢粉组合	植物群落	气候
全新世	亚大西洋期	Chenopodiaceae- <i>Artemisia</i> 孢粉带		<i>Chenopodiaceae-Artemisia-Pinus-Quercus</i> 孢粉带	以松栎为主的针阔混交林和盐土草甸	温和半湿润
	亚北方期	<i>Pinus-Quercus</i> - Chenopodiaceae 孢粉带		<i>Quercus-Hystricho-sphaera</i> - <i>Chenopodiaceae</i> 孢粉带	以松栎为主的针阔混交林	温和略干
	大西洋期	<i>Quercus-Pinus-Artemisia</i> - <i>Chenopodiaceae</i> 孢粉带			含少量常绿阔叶的落叶阔叶针叶混交林	温热湿润
早全新世	北方期	<i>Pinus-Quercus-Artemisia</i> 孢粉带	<i>Pinus-Typha-Polypodiaceae</i> 孢粉带	<i>Pinus-Artemisia-Chenopodiaceae</i> 孢粉带	以松为主的针叶落叶阔叶混交林和草原	温凉略干
	前北方期	<i>Artemisia-Bryophyta-Picea</i> 孢粉带	<i>Artemisia-Chenopodiaceae-Bryophyta-Picea</i> 孢粉带	<i>Pinus-Picea-Artemisia-Bryophyta</i> 孢粉带	暗针叶林-草原或含云杉的针叶林-草原	寒冷干燥
晚更新世	大理晚期	<i>Quercus-Pinus-Chenopodiaceae</i> 孢粉带	<i>Typha-Artemisia-Quercus-Pinus</i> 孢粉带		以栎为主的落叶阔叶针叶混交林-草原	暖温湿润
	亚间冰期	<i>Bryophyta-Artemisia-Picea</i> 孢粉带	<i>Artemisia-Chenopodiaceae-Bryophyta-Picea</i> 孢粉带		暗针叶林-草原	寒冷干燥
	大理早期	<i>Quercus-Pinus-Artemisia-Chenopodiaceae</i> 孢粉带			以栎松为主的落叶阔叶针叶混交林-草原	温暖湿润
庐山	大理间冰期	<i>Quercus-Pinus-Artemisia-Chenopodiaceae</i> 孢粉带				

表 2 晚更新世—全新世地层对比

距今年代	分期	河北平原东部地区		滦河三角洲		渤海西部		辽南地区		渤海中部		渤海海峡	
		孢粉组合	放射性碳测年	植被	放射性碳测年	植被	放射性碳测年	孢粉组合	放射性碳测年	植被	放射性碳测年	孢粉组合	植被
25000 ±	亚大西洋期	松林亚带	天津上沽林 贝壳堤2290 ± 120	盐土草甸		以松栎为主 主针阔混交林	针阔叶树 花粉混合带	普兰店古莲子700 ± 90 大南岛泥炭上部2050 ± 90	阔叶针叶混交林		以栎松为主的针阔混交林		
	亚北方期	栎-桦亚带	天津泥沽贝壳堤2530 ± 120 天津八里台贝壳堤3700 ± 120	以松为主的针阔混交林		含常绿阔叶树的落叶阔叶-针叶混交林	阔叶树花粉优势带	长兴岛泥炭顶部2530 ± 100 普兰店黑色淤泥上部4310 ± 125	针阔叶混交林		以松栎为主针阔混交林		
7500 ±	大西洋期			以栎松为主 主的针阔混交林	后程庄文蛤 5595 ± 110			大孤山泥炭 5450 ± 130	落叶阔叶林		含常绿阔叶树的落叶阔叶-针叶混交林		
10000 ±	北方期	松林亚带	四壳口淤泥层7920 ± 655 黄骅上泥炭层8500 ± 170 黄骅下泥炭层9650 ± 190	以松为主的针阔混交林和草原		以松为主 针阔混交林	桦属花粉优势带	普兰店泥炭顶部8070 ± 190 普兰店泥炭底部9950 ± 700	针叶落叶阔叶混交林		以松为主针叶林 并其间有栎等阔叶落叶林		
	晚冰期	暗针叶树花粉优势带	海兴泥炭22900 ± 1100 东营下淤泥层24000 ± 1100	暗针叶林-草原		含云杉的针叶林-草原			草原或稀树草原				
20000 ±	大冰期	阔叶树花粉优势带		以栎为主的针阔混交林		以栎松为主的针阔混交林-草原							
40000 ±	早冰期	暗针叶树花粉优势带	黄骅层泥炭 > 32000	暗针叶林-草原		暗针叶林-草原							
100000 ±	庐山-大理冰期	针阔叶树花粉混合带		以栎松为主 主针阔混交林		以栎松为主的针阔混交林-草原							
200000 ±	大理冰期												

润,属阔叶树花粉大量出现的大西洋期;晚期的植被以松、栎为主的针阔叶混交林,气候温和略干,为亚北方期。第七阶段属晚全新世,植被以松栎为主的针阔叶混交林和盐土草甸,气候温和半湿润。该区全新世分期亦可与北欧布列特-色尔南特气候期进行对比。

四、讨 论

(一)再沉积孢粉化石与物质来源及气候关系

孢粉鉴定中,三个柱状样中均发现含有一定量的再沉积孢粉化石,主要种属为凤尾蕨孢、希指蕨孢、栎粉、小榆粉和南美杉型拟落叶松粉等(图5、6),据我东部如浙江、安徽和渤海沿岸地区白垩系和第三系的孢粉研究结果,上述这些孢粉中除希指蕨孢外,大多为早第三纪的常见化石,而希指蕨孢则是白垩纪的繁盛分子。

乐五井所含再沉积孢粉化石,不但数量多,种类也丰富,其中凤尾蕨孢含量最高。滦河中、上游地层第三系和侏罗、白垩系,占有相当比例,所以上述再沉积孢粉指示了乐五井沉积物部分来源于滦河中、上游地区的这些地层,它与矿物分析结果相一致。同时也表明流水对孢粉的搬运能力在一定条件下是不可忽视的。

乐五井孢粉组合中,再沉积孢粉大多出现于晚更新世的间冰期、亚间冰期和全新世的沉积物中,因其气温较高降水充沛,流水的侵蚀、搬运作用增强,地层中被剥离的孢粉随同泥沙被搬运至河口地区沉积。然而,冰期气候寒冷,虽物理风化作用增强,但缺乏流水的搬运作用,处于现三角洲地区的沉积剖面中则很少含有来自中、上游区老地层中的孢粉化石。

渤12-2井和渤25井也含有一定量的再沉积孢粉化石,主要种属也为凤尾蕨孢、栎粉和小榆粉等,均系渤海沿岸地区下第三系沙河街组和东营组的主要成分,而它主要分布于冰期沉积物中。在晚更新世寒冷的冰期中,海面下降,河流为适应其基准面将调整坡降,下游流水的侵蚀能力和搬运能力有所增大,因此,当

时位于“渤海平原”的渤12-2井和渤25井则含较多的再沉积孢粉化石。而在间冰期和冰后期,由于大部分物质于河口地区发生沉积,由陆向海,沉积物数量渐趋减少,因此,沉积物中所含老地层中的孢粉机率就更小,即间冰期和冰后期时,海洋沉积物中所含再沉积孢粉化石较少。

总之,鉴别再沉积孢粉化石的种属,确定化石所属地质时代,追溯其地层分布,能为追究沉积物的物质来源提供可靠依据,而数量多寡与所处的地理位置、气候冷暖及陆缘地区被侵蚀的强度等因素有关。

(二)刺球藻在古地理再造中的意义

本区沉积物中,除陆缘地区高等植物孢粉外,尚有一定量与其共生的藻类化石。按刺球藻所示的生态环境,乐五井中三度出现刺球藻表明有三个海相层,若按刺球藻含量与海水深度的关系,三个海相层的海侵程度各异,其中第二海相层的海侵程度最高。华北平原东部许多钻孔的微体古生物分析均表明该区自晚更新世以来经历三次海侵,沉积了三个海相层,而且发生于大理间冰期的海侵规模最大。孢粉分析结果与微体如此相吻,无疑是当时沉积环境的真实反映。

渤12-2井和渤25井中刺球藻的分布是不均匀的(图2,3),其中早、晚大理冰期的沉积物中几乎不含刺球藻,可推知渤海西部大理冰期时海水曾两度东退,陆架出露。在渤海中部距岸200多公里相当于大理冰期时的沉积物中采集到一个披毛犀的左上侧第二个臼齿,证实了这一推断。

渤25井全新世地层完整,按刺球藻含量所绘制的曲线(图3),表明了一万年来海水深度的变化。其中全新世中期海水深度最大。

综上所述,刺球藻不但可以作为区分海相层和非海相层的标志之一,而且其含量多寡又可做为确定海域深浅和推断古地理的依据。

五、结 论

1.渤海西部及沿岸地区晚更新世以来植物

群落的演替和气候变化可分为七个阶段，其中第一至第四阶段属晚更新世，第五至第七阶段属全新世(见表1)。其变化规律与华北平原东部其它地区孢粉分析所反映的演化图式相仿。

2.晚更新世以来，渤海西部古地理经历了海、陆、海、陆，海的沧桑变化，大理冰期时渤海西部曾两度出露成陆，全新世起随着海平面上升地貌轮廓逐步形成。滦河三角洲自晚更新世以来有三个海相层，海相层的沉积时代与气候转暖的间冰期、亚间冰期和冰后期的暖期

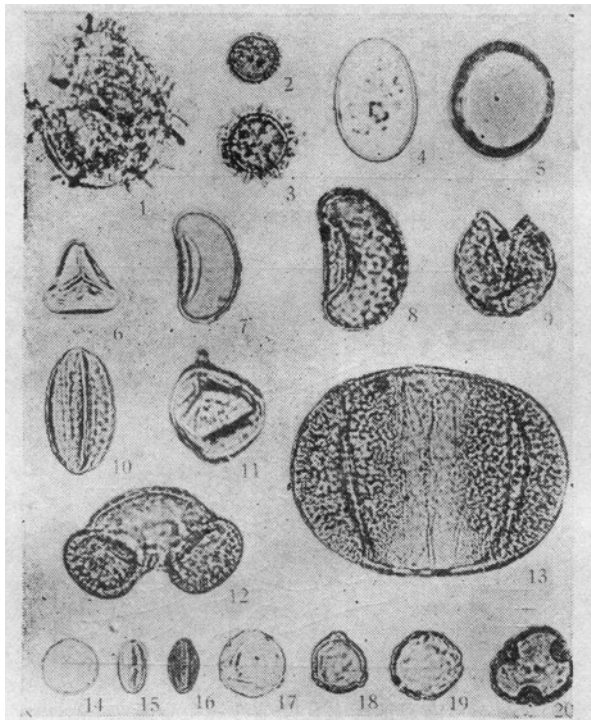


图 5

1—3. *Hystrichosphaera*; 4. *Baltisphaeridium*; 5. *Concentricystes*; 6. *Pteridium*; 7, 8. *Polypodiaceae*; 9, 11, *Taxodiaceae*; 10. *Ephydra*; 12. *Pinus*; 13. *Picea*; 14. *Moraceae*; 15. *Castanea*; 16. *Salix*; 17. *Corylus*; 18. *Betula*; 19. *Ulmus*; 20. *Tilia*.
(X600)

相当，三次海侵程度各异，其中发生于大理间冰期的海侵规模最大。

3.再沉积孢粉化石在本区地层的孢粉组合中占有一定比例，主要种属为凤尾蕨孢、希指蕨孢和栎粉等，系渤海沿岸地区下第三系东营组、沙河街组和滦河流或白垩系、第三系的常见化石，故鉴定再沉积孢粉化石能指示海盆和三角洲的物质来源，也为推测陆缘地区侵蚀强度提供了一定依据。

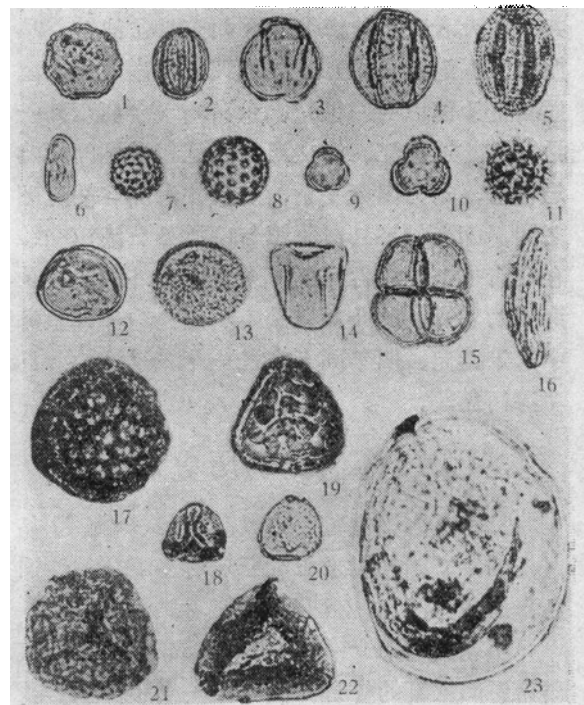


图 6

1. *Pterocarya* 2—4. *Quercus* 5. *Fraxinus* 6. *Umbelliferae* 7, 8. *Chenopodiaceae* 9—11. *Compositae* 12. *Gramineae* 13. *Potamogetonaceae* 14. *Cyperaceae* 15. *Typha* 16. *Schizaeisporites* 17. *Polygonum* 18. *Toroisporis* 19. *Ptridisisporites* 20. *Ulmipollenites minor* 21. *Polycingulatisporites* 22. *Toroisporis* 23. *Araucariacites* (X600)

THE SPORE-POLLEN ASSEMBLAGES AND THE STRATIGRAPHY AND PALAEOGEOGRAPHY IN WESTERN BOHAI SEA SINCE LATE PLEISTOCENE

Jin Xiaofeng

(Institute for Petroleum Survey and Exploration, Beijing)

Abstract

Through the study of spore-pollen and algae from three column sections, the evolution

of vegetation and the variation of climate in western Bohai Sea and its coastal regions are divided into seven stages. The first four stages belong to the late Pleistocene, the rest three stages to the Holocene.

At the late Pleistocene, western Bohai Sea has gone through land and sea, and vice versa. At the Dali Warm Glacial Epoch, the sea level lowered greatly because of the bitter climate, making most of the western Bohai Sea twice land areas. The present geomorphologic outline began to take shape with the rise of the sea level in Holocene.