

# 南黄海陆架区 15ka 以来的古气候事件与环境演变\*

孟广兰 韩有松 王少青

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

**摘要** 于1986—1994年间,陆续对南黄海7个柱状样品进行了孢粉分析研究,结合<sup>14</sup>C测年数据,参考古地磁、热释光测年等分析资料,以其中3个主要岩芯剖面资料为代表,论述了南黄海陆架区15ka以来的古气候环境演变。结果表明,在第四纪末次冰期冰消期中,气候曾剧烈波动,并逐渐由晚冰期向冰后期过渡。这一演变特点与全球气候背景下的中国东部地理环境相关。同时识别出3个短期降温 and 两个升温事件:其中A<sub>1</sub>亚带冷期出现在约15—14ka.B.P.,是冰消期早期的一次降温事件,可与最老仙女木期对比;A<sub>3</sub>亚带冷期出现在12—11ka.B.P.,可与新仙女木期对比。B<sub>2</sub>亚带冷期反映早全新世的一次降温事件。A<sub>2</sub>亚带相对暖期可能属布林升温波动,发生在14—13ka.B.P.。C带气候暖湿,为气候最适宜期,当属冰后期中的高温阶段,在中国东部沿海普遍存在,发生在中全新世8—3ka.B.P.。

**关键词** 南黄海 第四纪 古气候事件 环境演变

**学科分类号** P532

第四纪末次冰期极冷期发生在距今18ka前后。全球性冰期气候导致海平面大幅度下降,中国东部陆架浅海发生大规模海退,渤、黄、东海全部陆架区演变为陆架平原。约在15ka.B.P.起,东海海平面开始回升,标志着末次冰期冰消期陆架海侵开始。约在12ka.B.P.海侵推进到-50—-60m水深,在那里发育有一条比较稳定的短期古海岸线。至10—9ka.B.P.,海侵到达现代海岸地带,基本完成了现代陆架海发育过程。南黄海大陆架第四纪古环境研究,已获得了丰硕成果(王开发等,1987;杨子庚,1993;徐家声,1981;秦蕴珊等,1989),但针对末次冰期冰消期古气候事件研究尚少。1986—1994年作者对南黄海陆架区15ka以来的古气候事件与环境演变进行了研究。

## 1 材料及方法

1986—1994年,在南黄海陆架区先后挑选7个浅层岩芯96块土样(每样50g),采取两次重液浮选法(比重为2.15—2.20)进行孢粉分析,鉴定统计在100粒以上。1995年通过古今气候环境类比分析研究,发现多期古气候事件。

## 2 研究结果

多年研究获得丰富沉积孢粉和古气候环境资料,现将具有代表性的三个剖面研究结

\*国家自然科学基金资助项目,49676293号。孟广兰,女,出生于1940年9月,硕士生导师,副研究员, Fax:0086-0532-2870882

收稿日期:1996-10-03,收修改稿日期:1997-07-26

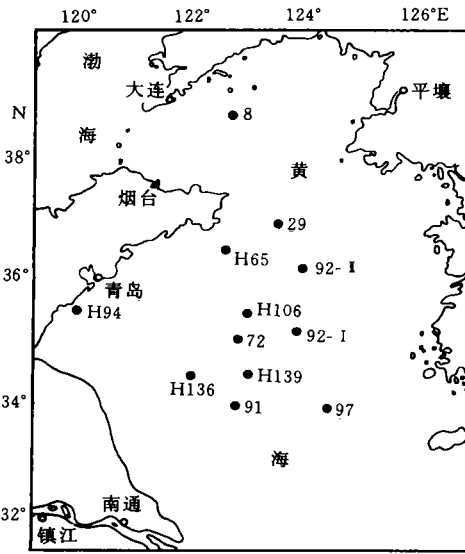


图1 黄海大陆架岩芯剖面站位图

Fig. 1 Locations of core sections on the Yellow Sea continent shelf

果记述如下(图1)。

## 2.1 92-II岩芯剖面孢粉组合

92-II剖面位于124°E, 36°15' N,水深为78.0m。剖面长为425cm。0—25cm为黄褐、黄灰色粘土,均一。25—275cm为黄灰色粘土,160cm附近为硬泥块,200cm以下有贝壳及其贝屑,225—250cm下有局部有机炭,结构均一,较硬。275—300cm为粉砂与粘土互层,波状层理。300cm以下为黄灰色粘土,325—340cm为粘土夹细砂薄层,间有虫孔。340—425cm为黄灰色粘土,较硬。根据孢粉组合特征可划分出5个孢粉组合带和5个孢粉组合亚带(图2),自下而上分别为:

A带 根据本层段孢粉组合的明显差异,可分为2个亚带。

A<sub>2</sub>亚带为 *Quercus-Pinus-Artemisia-Betula* 组合亚带。本带木本花粉占优势,占孢粉总量的49.3%—69.1%,草本花粉含量较少,为18.1%—26.6%,孢子含量为4.4%—32.6%。木本花粉以松、栎为主;草本花粉以蒿、藜(*Chenopodiaceae*)为主;孢子以水龙骨(*Polypodiaceae*)、中国蕨(*Sinopteris*)为主。

A<sub>3</sub>亚带为 *Chenopodiaceae-Artemisia-Cyperaceae-Pinus-Quercus* 组合亚带。草本花粉大幅度增加,含量可达53.7%—71.9%,为本剖面最高值,这一变化为本层孢粉组合的突出特点,主要有藜、蒿、莎草。木本花粉迅速减少为27.2%—32.9%,以松为主,其次为栎,还有数量不多的云杉(*Picea*)、榛(*Corylus*)等。另外还发现淡水生双星藻(*Zygnemataceae*)。

B带 从本带起木本花粉成分增多,而草本花粉明显减少。在木本花粉中,喜冷凉的针叶树花粉松减少,代之以喜温和的柏科花粉,落叶阔叶树花粉不但数量增多,而且种属亦增加。但在中间层位(220—210cm)孢粉组合出现与上下层不同的异常现象。因此,本带又分为3个亚带。

B<sub>1</sub>亚带为 *Artemisia-Chenopodiaceae-Pinus-Quercus-Cupressaceae* 组合亚带。木本花粉含量为41.2%—48.1%,草本花粉含量为45.0%—50.4%,与A<sub>3</sub>亚带相比,有显著区别。木本花粉以松、栎、柏为主,草本花粉以藜、蒿为主,孢子含量有所增加,以水龙骨为主。

B<sub>2</sub>亚带为 *Chenopodiaceae-Artemisia-Quercus-Pinus* 组合亚带。在本亚带孢粉组合中,草本花粉含量上升为69.3%,特别是耐盐碱的藜科花粉突增至54.0%,表现出本层特点。木本花粉明显减少,为28.5%,以松、栎为主。

B<sub>3</sub>亚带为 *Artemisia-Chenopodiaceae-Quercus-Pinus-Cupressaceae* 组合亚带。孢粉组合与B<sub>1</sub>亚带相似,只是在种属上,无论针叶树和阔叶树,还是草本花粉,均有增加。

C带 *Quercus-Castanea-Quercus glauca-Cupressaceae* 组合带。

木本花粉含量明显上升为56.2%—61.7%,草本花粉大幅度下降为17.2%—38.0%,孢

子增至 5.8%—21.1%。木本花粉中, 落叶阔叶树种属占优势, 为本剖面最高值(40.5%), 主要有栎、栗、榲(*Quercus dentata*)、桦, 还有少量常绿树种青冈栎、栲(*Castanopsis*)、杨梅(*Myrica*)等。草本花粉有少量的蒿、藜等。孢子以水龙骨、鳞盖蕨(*Microlepia*)为主, 其次有凤尾蕨(*Pteris*)、海金沙(*Lygodium*)、膜蕨(*Hymenophylla*)等。

D带 Chenopodiaceae–*Artemisia*–*Quercus*–*Betula*–*Pinus* 组合带。

草本花粉增加幅度较大, 为 48.45%—56.9%, 以藜、蒿为主, 木本花粉减少为 36.7%—47.5%, 以栎、桦、松为主, 孢子也减少为 4.0%—6.4%, 以水龙骨为主。

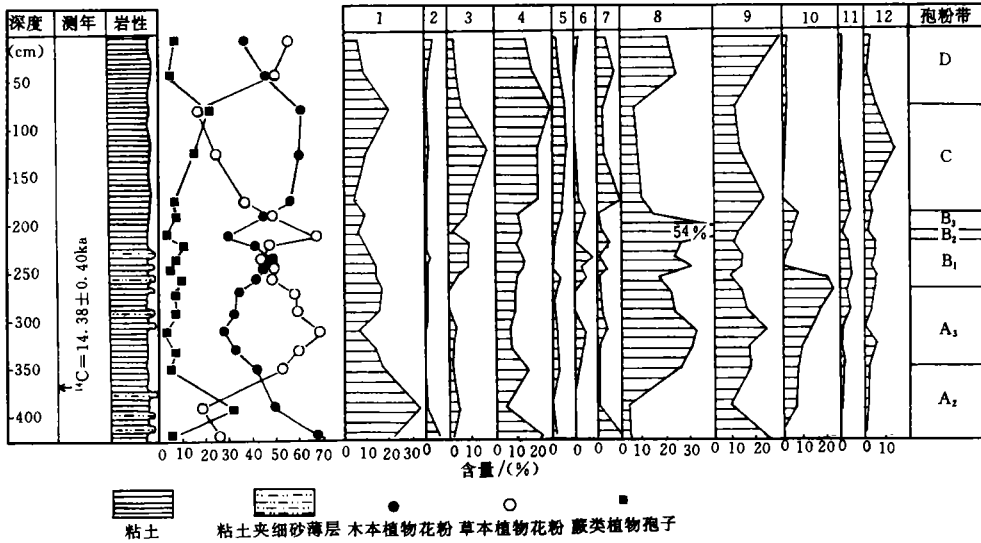


图 2 92-II 岩芯剖面孢粉图式

Fig. 2 Sporo-pollen diagram of the 92-II core section

- 1. *Pinus*; 2. *Ephedra*; 3. Cupressaceae; 4. *Quercus dentata*; 5. *Castanea*; 6. *Salix*; 7. *Betula*;
- 8. Chenopodiaceae; 9. *Artemisia*; 10. Cyperaceae; 11. Compositae; 12. Polypodiaceae.

### 2.2 H<sub>136</sub> 岩芯剖面孢粉组合

H<sub>136</sub> 岩芯剖面位于苏北老黄河三角洲东部边缘, 水深 52m。岩芯长 327cm。0—32cm 为黄灰色砂质粉砂或粉砂质泥, 有少量贝壳碎屑。32—140cm 为灰色细砂, 含贝壳碎屑, 115cm 以下含粘土夹层。140—145cm 为杂色“硬粘土”, 与下层界面清晰。145—327cm 为灰色粘土质粉砂, 含有较多的贝壳及其碎屑。沉积物中 Ca / (Ca + Fe) 比值在 140cm 以上较高, 其下较低。孢粉化石均较丰富, 自下而上划分出 4 个孢粉带和 3 个亚带(图 3)。

A 带 本带孢粉组合基本以草本花粉占优势, 但各层位又存在明显差异, 故分为 3 个亚带。

A<sub>1</sub> 亚带为 *Artemisia*–*Chenopodiaceae*–*Betula*–*Pinus*–*Quercus* 组合亚带。草本花粉含量较高, 为 47.2%—59.1%, 木本花粉次之, 为 33.9%—48.4%, 孢子含量少。草本花粉以蒿、藜为主, 木本花粉以桦、松、栎为主, 孢子仅有水龙骨。

A<sub>2</sub> 亚带为 *Quercus*–*Pinus*–*Artemisia*–*Chenopodiaceae*–*Betula* 组合亚带。木本花粉增多

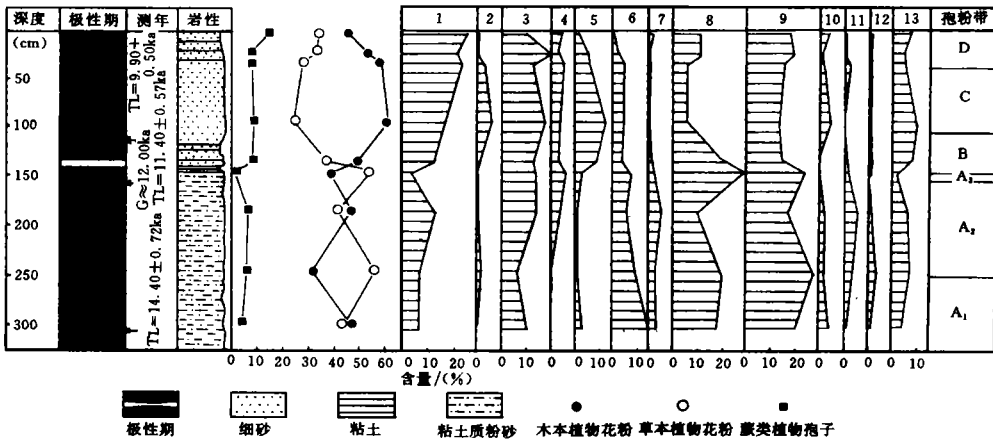


图3 H<sub>136</sub>岩芯剖面孢粉图式

Fig. 3 Sporo-pollen diagram of the H<sub>136</sub> core section

1. *Pinus*; 2. *Ephedra*; 3. *Quercus*; 4. *Quercus dentata*; 5. *Castanea*; 6. *Betula*; 7. *Ulmus*;

8. *Chenopodiaceae*; 9. *Artemisia*; 10. *Cyperaceae*; 11. *Gramineae*; 12. *Compositae*; 13. *Polypodiaceae*.

而草本花粉减少,分别为49.6%和43.6%。木本花粉为栎、松、桦、榆(*Ulmus*)、栲、杨梅等。草本花粉仍以蒿、藜为主,但其含量已明显下降,孢子以水龙骨为主。

A<sub>3</sub>亚带为 *Chenopodiaceae-Artemisia-Pinus-Betula-Quercus* 组合亚带。组合中草本花粉含量上升为57.6%,木本花粉则下降为40.7%,孢子含量更少。草本花粉中,藜和蒿的含量最高,还有禾本科(*Gramineae*)、菊(*Compositae*)、莎草、虎耳草(*Saxifragaceae*)等;木本花粉以松、栎为主,还有少量云杉、冷杉(*Abies*)、落叶松(*Larix*)和麻黄(*Ephedra*)等。

B带 *Chenopodiaceae-Quercus-Pinus-Artemisia* 组合带。

与A<sub>3</sub>亚带最大的区别是木本花粉的增加(51.0%),而且已不见云杉等暗针叶树花粉,以栎、松、栗为主。草本花粉的减少(39.9%)也是区别于A<sub>3</sub>亚带的主要因素,仍以藜、蒿为主,孢子以水龙骨为主。

C带 *Quercus-Castanea-Castanopsis-Quercus glauca-Pinus* 组合带

木本花粉在本带组合中进一步增多,从而占绝对优势,为61.2%—64.2%,草本花粉更少,为25.8%—29.7%,孢子稍有增加,为9.1%—10.1%。木本花粉以落叶阔叶树花粉为主要成分,且种属繁多,如栎、栗、桦、榭、榆、漆(*Rhis*)、无患子(*Sapindus*)、枫香(*Liquidambar*)、朴(*Celtis*)等。而且出现少量常绿树花粉,如栲、青冈栎等。孢子除水龙骨较多外,还有膜蕨、蕨(*Pteridium*)和凤尾蕨等。

D带 *Pinus-Quercus-Artemisia-Chenopodiaceae-Castanea* 组合带。

虽然木本花粉在组合中仍为首位(48.3%—56.3%),但其数量已减少,草本花粉和孢子数量均有增加,分别为35.2%—36.4%和8.5%—15.3%。木本花粉中落叶阔叶树花粉减少,无常绿树种,以栎、栗、榭为主,松的含量稍有增加。草本花粉以蒿、藜为主。孢子以水龙骨为主,还有蕨、卷柏(*Selaginella*)、凤尾蕨等。

### 2.3 H<sub>106</sub>岩芯剖面孢粉组合

本剖面位于123°E, 35°30'N附近,水深70m。岩芯剖面长607cm。0—399cm为褐

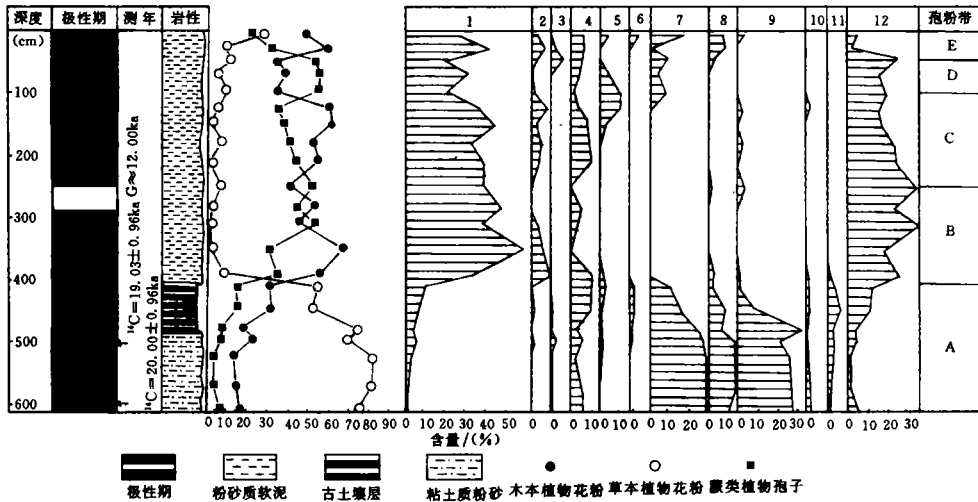


图4 H<sub>106</sub>岩芯剖面孢粉图式

Fig. 4 Sporo-pollen diagram of the H<sub>106</sub> core section

- 1. *Pinus*; 2. *Ephedra*; 3. *Cupressaceae*; 4. *Quercus*; 5. *Castanea*; 6. *Betula*; 7. *Artemisia*;
- 8. *Chenopodiaceae*; 9. *Cyperaceae*; 10. *Gramineae*; 11. *Typha*; 12. *Polypodiaceae*.

灰—深灰色, 向下颜色变深, 以软泥或粉砂质软泥为主, 上下成分均一, 仅见少量黑色有机质条带和贝壳碎屑, 396—399cm 处为贝壳富集层, 为粘土质粉砂。399—607cm 均为粘土质粉砂, 399—475cm 为“古土壤”层。分析结果, 自下而上共划分出五个孢粉组合带(图4):

- A 带 *Artemisia*—*Cyperaceae*—*Chenopodiaceae*—*Pinus* 组合带;
- B 带 *Pinus*—*Quercus*—*Chenopodiaceae*—*Polypodiaceae* 组合带;
- C 带 *Quercus*—*Pinus*—*Castanea*—*Polypodiaceae* 组合带;
- D 带 *Pinus*—*Polypodiaceae*—*Artemisia*—*Quercus*—*Castanea* 组合带;
- E 带 *Pinus*—*Quercus*—*Castanea*—*Chenopodiaceae* 组合带。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 古气候事件与气候地层界线

古气候事件是气候划分的主要依据, 此次研究的几个剖面缺少足够的<sup>14</sup>C测年数据, 对地层界线确定带来一定困难。为此, 参考古地磁在相关地层中出现的极性事件和热释光年代测定, 同时又与杨子赓(1993)在本区获得的研究结果对比分析, 初步识别出几个可能存在的气候事件, 并提出了气候地层划分方案(表1)。

**3.1.1 突发降温事件** 北半球末次冰期的冰消期, 又称晚冰期, 以大陆冰盖开始大规模消融为标志, 起始年代一般认为在15—14ka. B.P.。Dansgard等(1971)的研究结果认为, 冰消期阶段, 气候剧烈波动, 曾出现老仙女木(Older Dryas)及最老仙女木(Oldest Dryas)冷期降温事件和阿勒罗德(Allorod)、布林(Bolling)升温事件, 然后结束冰期气候进入冰后期全新世。张嘉尔(1985)根据长江下游镇江地区孢粉分析结果, 第一次报道了我国东部沿海可与上仙女木冰阶对比的降温事件。杨子赓(1993)的研究认为, 中国东部有3次非周期性降温事件: 相当于新(上)仙女木期、全新世初期升温中的降温和全新世高温期中的突然

表 1 南、黄海大陆架第四纪末次冰期冰消期以来气候期划分

Tab. 1 Division of climate stages since the deglaciation in the last glacial period of Quaternary for the South Yellow Sea continent shelf

地质时代	年代 (ka.B.P.)	气候期		孢粉带	孢粉组合特征	
		欧洲	本区			
晚全新世	3	冰	亚大西洋期	温湿期	E	<i>Pinus-Quercus-Castanea-Chenopodiaceae</i>
			中全新世	8	后	亚北方期
早全新世	10	期	大西洋期			大暖期(暖湿)
			北方期	温干期 小降温期(凉干)	B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	<i>Quercus-Pinus-Artemisia-Chenopodiaceae-Cupressacea</i> <i>Chenopodiaceae-Artemisia-Pinus-Quercus</i>
晚更新世	11-15	冰消期	前北方期	温干期	B <sub>1</sub>	<i>Pinus-Quercus-Chenopodiaceae-Artemisia-Cupressacea</i>
			新(上)仙女木期	冷期(冷干)	A <sub>3</sub>	<i>Chenopodiaceae-Artemisia-Cyperaceae-Pinus-Abies</i>
			阿勒罗德期	缺失		
			老(下)仙女木期			
			布林期	暖期(温暖较湿)	A <sub>2</sub>	<i>Quercus-Pinus-Artemisia-Chenopodiaceae-Betula</i>
			最老仙女木期	冷期(冷凉较干)	A <sub>1</sub>	<i>Artemisia-Chenopodiaceae-Pinus-Betula</i>

降温。

**3.1.1.1 冰消期中的突发降温事件** 根据上述 3 个岩芯剖面沉积孢粉资料的分析研究, 每个孢粉组合带所反映的植物群发育及其气候变化特点都具有显著典型性。经过综合分析, 共划分出 5 个孢粉带和 6 个亚带。H<sub>136</sub> 剖面缺乏 <sup>14</sup>C 测量年龄, 而测得热释光年代在埋深 300—310cm 为 14.40 ± 0.72ka, 150—160cm 为 11.40 ± 0.57ka, 与 H<sub>106</sub> 和 92-II 两剖面相应层位 <sup>14</sup>C 年龄对比, 认为 H<sub>136</sub> 剖面热释光年代可用。不难看出, 这 3 个剖面的孢粉带 A 均在此层位。此阶段的沉积发生在晚更新世末期冰消期, 相当于徐家声等(1981)研究的上海相层(A层)。从距今 15ka 以前, 末次盛冰期冰段发生黄、东海最大海退之后, 气候由冷干逐渐向温暖转化, 植物群发育也由此发生相应的变化, 落叶阔叶树开始生长, 其数量随着时间的推移逐渐增加, 水生草本植物逐渐发育, 反映冰消期由冷变暖过渡阶段的气候特征。因为中国东部沿海地处亚洲大陆与太平洋边缘带, 气候受季风影响, 第四纪气候演变常具有过渡性质。但在 A<sub>3</sub> 亚带以蒿、藜、莎草为主的草本植物生长繁盛, 落叶阔叶树较少, 针叶树除松外, 还有少量耐寒的云杉、冷杉等, 反映冷凉干燥的气候, 与杨子赓在本区的研究结果对比, A<sub>3</sub> 亚带当属上仙女木(Younger Dryas)冷期。如 H<sub>136</sub> 剖面, 在 140—145cm 层段为杂色“硬粘土”, 其下为粘土质粉砂, 其上为细砂, 上下均含有贝壳碎屑, 反映其下为近岸浅海环境, 其上为浅海环境, 该层段则为陆相沉积。说明此时气候处于低温阶段, 海面曾下降, 海水暂时退出。而 A<sub>3</sub> 亚带恰好就在这一陆相沉积层中, 热释光年代为 11.40 ± 0.57ka, 证明新仙女木冷期在本区的存在。A<sub>1</sub> 亚带孢粉组合所反映的冷凉气候特

征虽然不及 A<sub>3</sub> 亚带那么强烈,但与 A<sub>2</sub> 亚带相比仍属降温期、依据 92-II 剖面在 A<sub>2</sub> 亚带 <sup>14</sup>C 年龄为 14.38 ± 0.40ka, H<sub>136</sub> 剖面 A<sub>1</sub> 亚带热释光年代为 14.40 ± 0.72ka, 初步判断 A<sub>1</sub> 亚带应该属最老仙女木 (Oldest Dryas) 冷期,同杨子庚(1993)研究的 8408 站剖面 δ<sup>18</sup>O, δ<sup>13</sup>C 分析结果可以对比。由此可见,在黄海大陆架区冰消期中,可能至少曾出现两次突发降温事件,各自延长时间均不长。在本文研究的剖面中,可能由于沉积间断或区域性差异而缺失了老仙女木 (Older Dryas) 冷期及阿勒罗德暖期。

**3.1.1.2 冰后期早期的降温事件** 区域资料对比(图 5), 确认 B 带(5 带)起已进入冰后气候期。孢粉组合表现为木本花粉特别是落叶阔叶树花粉明显增多,而草本花粉逐渐减少,为针阔叶混交林-草原植被面貌,反映从 A<sub>3</sub> 亚带的冷期已转变为温和偏干的气候。而 92-II 剖面中的 B<sub>2</sub> 亚带与 B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> 亚带相比,孢粉组合却有很大差异:草本花粉在组合中占 69.1%,其中藜科花粉突然增至 54%。反映冰后期早期再次发生降温,形成了冷凉偏干的气候环境。但 B<sub>2</sub> 亚带植物群发育已优于 A<sub>3</sub> 亚带,当归于冰后期早期的降温事件,其形成时代约在距今 9ka 前后。这次降温事件持续时间更加短暂。

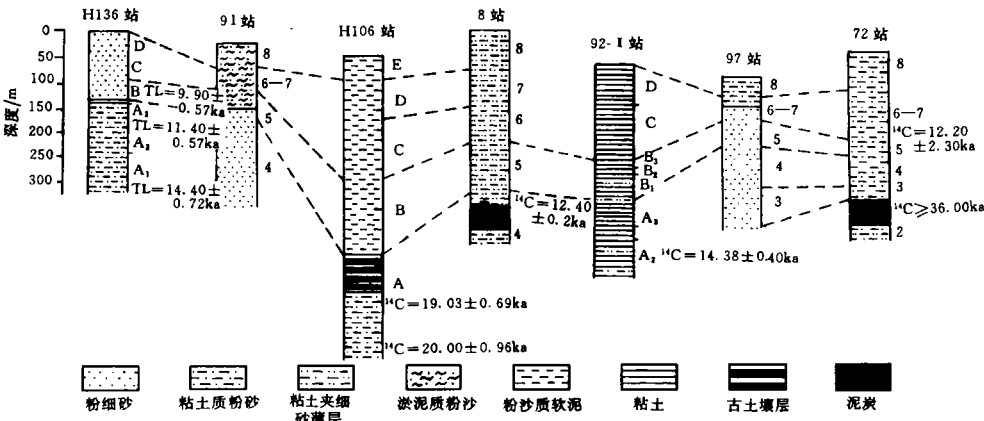


图 5 黄海大陆架岩芯剖面孢粉带对比图 [8, 72, 91, 97 站资料引自王开发等(1987)]

Fig. 5 Comparison of Sporo-pollen zones of the Yellow Sea shelf

**3.1.2 冰消期以来的升温气候事件** 末次冰期冰消期以来的升温气候事件,指冰消期早期的短期升温波动和全新世中期的高温期。过去的研究成果(韩有松等, 1992)已确认全新世中期高温期的存在。在最新的研究成果中又有“全新世大暖期”的提法,并判定大暖期发生在距今 8—3ka 之间(施雅风等, 1992)。此次研究的 3 个岩芯剖面中,大暖期出现在 C 带。此带以落叶阔叶树为主,间杂针叶树和常绿阔叶树,暖湿性为主的孢粉组合显示的植物群与气候特征显著。关于冰消期早期中的升温事件研究,我国东部沿海并未取得令人信服的证据。近期于洪军等(1994)在黄海西部发现了它的踪迹。根据本次研究的 92-II 和 H<sub>136</sub> 剖面中的 A<sub>2</sub> 亚带,相对于 A<sub>1</sub> 和 A<sub>3</sub> 亚带冷期显示出了升温现象。此时落叶阔叶树数量较多, *Quercus* 为优势属,而且还出现一些亚热带树种和喜湿热的蕨类植物。草本植物中出现一定数量的水生植物,说明在冰消期早期确曾发生过一定规模的气候波动,被视为一次升温事件,可能与布林暖期波动有关,其年代约在 14—13ka. B.P. 这两次升温事件,

就其升温特点而言,全新世中期大暖期较冰消期早期的升温现象表现得更为突出;就其延续时间看,冰消期早期的升温属短暂气候波动,而全新世大暖期延续时间则较长。

通过上述气候事件的研究,可十分清楚地反映出冰消期以来的气候地层界线:孢粉组合带 A 与 B 的界线即为冰消期与冰后期的分界,亦即晚更新世与全新世的界线;全新世早、中、晚的界线则以孢粉带 B 与 C—D 及 C—D 与 E 的界线为标志。这一气候地层界线的划分与沉积岩相和测年资料基本一致。

### 3.2 15ka 来的古气候环境演变

综上所述,三个岩芯剖面为代表的古气候序列,反映了南黄海大陆架区第四纪末期 15ka 以来的古气候演变过程。末次冰期晚期(距今 15—11ka 间)的古气候,相对 18—15ka. B.P. 的极冷期已经明显改善。剖面中 A 带植物群已开始向暖温型转变,植被类型为森林草原,其中的  $A_1$ ,  $A_3$  亚带特别是  $A_3$  亚带的降温,因为来得突然,而且时间短暂,所以属突发事件,植物群生长曾随着气候恶化发生明显衰退,演变为乔木较少的大片草原植被景观。 $A_3$  亚带沉积时,本区已处于滨岸区,周边滨海平原区以藜、蒿、莎草为主的草原植被,反映当时气候寒冷干燥。本区晚冰期的气候波动记录没有北欧地区那么详尽,可能除因实测资料不足外,区域性差异当是一个主要原因。本区进入冰后期以来,陆架海侵逐步由南向北扩展,苏北及山东半岛南部周边陆地逐渐处于滨海地带,随着气候环境的根本转变,植物群进入新的繁盛期。9ka 前后一次突然降温暂时中断了这个发展趋势,但并未中止。到全新世中期高温期,陆架浅海已经形成。本区反映的气候变化,实际上主要是海盆周边沿海的大环境面貌。但晚全新世的沉积孢粉组合显示的物质来源,则以北方温带种属为主。由此也反映现代黄海陆架沉积物源主要是黄河入海泥沙。此外,孟广兰(1979)曾在黄海南部及东海北部陆架区中全新世地层中,发现南方热带红树花粉,在南黄海以北区域未曾出现,是否可以认为长江口以南东海沿岸的入海物质,即使有北上海流的“传送带”,基本上已不参与黄海的沉积作用。

## 参 考 文 献

- 于洪军 严理, 1994. 南黄海西部“阿尼努德振动”现象的初步研究. 海洋科学, 5: 62—66
- 王开发 王永吉 徐家声等, 1987. 黄海沉积孢粉藻类组合. 北京: 海洋出版社. 33—107
- 孟广兰, 1979. 东海北部和黄海南部海底沉积物孢粉组合的初步研究. 海洋科学, 4: 35—40
- 张嘉尔, 1985. 长江下游晚冰期孢粉组合和气候回暖问题. 见: 中国地理学会冰川冻土分会、中国科学院兰州冰川冻土研究所编. 中国第四纪冰川冰缘学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社. 175—179
- 杨子庚, 1993. 冰消期以来的突发事件. 地矿部海洋地质研究所编. 纪念袁复礼教授诞辰 100 周年学术讨论会论文集. 北京: 地震出版社. 95—98
- 杨子庚, 1993. 南黄海第四纪轨道事件与非纪轨道事件. 海洋地质与第四纪地质, 13(3): 25—33
- 施雅风 孔昭宸 王苏民等, 1992. 中国全新世大暖期气候与环境的基本特征. 见: 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社. 1—15
- 徐家声 高建西 谢福缘, 1981. 最末一次冰期的黄海. 中国科学, 5: 605—613
- 秦蕴珊 赵一阳 陈丽容等, 1989. 黄海地质. 北京: 海洋出版社. 194—199
- 韩有松 孟广兰 王少青等, 1992. 华北沿海中全新世高温期与高海面. 见: 施雅风主编. 中国全新世大暖期气候与环境. 北京: 海洋出版社. 121—130
- Dansgard W, 1971. The late Cenozoic glacial ages. New Haven: Yale University Press. 37—56



## PALEOCLIMATE EVENTS AND ENVIRONMENT EVOLUTION OF THE SHELF AREA IN THE SOUTH YELLOW SEA DURING THE PAST 15ka

MENG Guang-lan, HAN You-song, WANG Shao-qing

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

**Abstract** From 1986 to 1994, we accomplished a sporo-pollen analysis of seven prismatic samples from the southern Yellow Sea. In combination with the data of three main core sections and combined  $^{14}\text{C}$  dating data, paleomagnetic dating data and thermoluminescence data, this paper discusses the paleoclimate environment evolution of the southern Yellow Sea during the past 15 ka. The results show that the climate had fluctuated dramatically and transformed from the late glaciation to the postglaciation during deglaciation in the last glacial period of the Quaternary. The evolution features are related to the geological environments of eastern China in the global climate background. Meanwhile, we have distinguished three short-term temperature dropping events and two temperature rising events. Among them, the sporopollen assemblage of subzone  $A_1$  shows some features of cold climate and reflects a temperature falling event occurring about 15—14ka. B.P. in the early deglaciation, which may belong to the Oldest Dryas. Subzone  $A_3$  shows that the drought-en-during herbal plant flourished and there were few cold-resistant *Picea* and *Abies* etc., which reflects a temperature falling event occurring about 12—11ka. B.P. in the late deglaciation with cold and arid climate and could compare with the Younger Dryas period. The sporo-pollen assemblage characteristic of Zone B represents the postglaciation and the climate became warm and arid. Although the plant cover of subzone  $B_2$  shows a cold and arid climate environment, the development of flora was better than in subzone  $A_3$ . It may reflect a temperature falling event occurring about 9 ka. B. P. during the early Holocene. Subzone  $A_2$  shows some distinct differences from subzone  $A_1$  and  $A_3$  and reflects a rise of temperature occurring 14—13 ka. B.P. which may relate to boiling temperature-rising fluctuation. Zone C reflects warm-moist flora and climate, indicating a climatic optimum belonging to a high temperature stage in postglaciation. This temperature rising event occurred universally along the coast of eastern China 8—3 ka. B.P. in the middle Holocene and its duration was longer than any of the climate events mentioned above.

**Key words** South Yellow Sea Quaternary Paleoclimate events Environment evolution

**Subject classification number** P 532