

渤海湾西北部CH19孔全新统硅藻组合、年代学与古环境

商志文^{1,2}, 田立柱^{2,3}, 王宏², 范昌福⁴, 裴艳东², 王福², 李建芬^{2,3}

SHANG Zhi-wen^{1,2}, TIAN Li-zhu^{2,3}, WANG Hong²,

FAN Chang-fu⁴, PEI Yan-dong², WANG Fu², LI Jian-fen^{2,3}

1. 中国地质科学院研究生院, 北京 100037; 2. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170;

3. 中国地质大学海洋学院, 北京 100083; 4. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037

1. School of Graduates, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. Tianjin Centre, China Geological Survey, Tianjin 300170, China;

3. School of Marine Sciences, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

4. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

摘要:对渤海湾西北部浅海区CH19孔岩心全新世沉积硅藻进行了系统研究,发现硅藻17属36种。与沉积学、年代学(OSL和AMS ¹⁴C)研究相结合,将该孔自下而上划分为I—VII 7个硅藻带,显示研究区全新世以来经历了从陆到海的演化过程:约11ka cal BP时,进入全新世潮上带湖沼环境(硅藻I带);约10ka cal BP时开始了潮间带(硅藻II带)至浅海(III—VII带)的长期海水影响。其中,约10~7ka cal BP为潮间带环境;6.77~3.47ka cal BP的中全新世硅藻III带,是受到风暴事件影响的、1.7m厚的贝壳碎屑与泥砂混杂堆积层;硅藻IV带复归正常浅海环境;V带再次动荡;VI带水体盐度略有降低;VII带则反映了渤海湾西北部浅海区现代硅藻组合的状况。

关键词:渤海湾;沉积硅藻组合;OSL和AMS ¹⁴C测年;全新世;古环境

中图分类号:P736;X145 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2010)05-0675-07

Shang Z W, Tian L Z, Wang H, Fan C F, Pei Y D, Wang F, Li J F. Holocene diatom assemblages, chronology and palaeoenvironment of the borehole CH19 in the northwestern Bohai Bay, China. Geological Bulletin of China, 2010, 29(5): 675-681

Abstract: The diatoms of borehole CH19, located at the shallow sea area, northwestern Bohai Bay, have been systematically studied and, totally, 36 species in 17 genera were identified. Consequently, I—VII diatom zones have been divided according to the characteristics of the diatom assemblages, the sediments and the OSL and AMS ¹⁴C chronological framework of the borehole as well. The diatom and chronostratigraphical results reveal that the study area was changed from the lacustrine to marine environment in the Holocene. The diatom Zone I, indicating the beginning of the Holocene, 11ka cal BP, was the supratidal swamp environment. From 10ka cal BP, the area entered a long period of marine influencing environment, during which the zone II, occurring around 10 to 7ka cal BP, was the intertidal zone; Zone III indicated that a 1.7m-layer, consisting of mixture of unarticulated shells, shelly fragments, sandy and muddy sediments, was affected by storms during 6.77~3.47ka cal BP in the Middle Holocene; Zone IV returned back to the normal shallow sea environment; Zone V was unstable again; Zone VI was characterized by decreasing salinity; finally, Zone VII indicates the modern diatom assemblage on the bottom of the shallow sea, northwestern Bohai Bay.

Key words: Bohai Bay; diatom assemblage; OSL and AMS ¹⁴C dating; Holocene; palaeoenvironment

收稿日期:2009-05-26;修订日期:2009-12-02

地调项目:国家海洋局“908”专项《天津市海域地质地貌调查》(编号:908(TJ)06)和中国地质调查局项目《环渤海地区重点地段环境地质调查及脆弱性评价》(编号:1212010540501)资助

作者简介:商志文(1981-),女,在读博士,研究方向:海岸带近现代地质环境变化与微体古生物。E-mail: tjszhiwen@cgs.gov.cn

渤海湾是位于渤海西部的半封闭海湾,湾内水深较浅,最大不超过 30m。渤海湾泥质海岸带是中国北方滨海平原的最新成陆的地带,第四系发育完好。以前人研究为基础,笔者所在研究小组 10 余年来对该地区的地层与古环境演变进行了新一轮研究^[1-3]。但是,硅藻及其地层学、古环境的研究仍是极少涉及的领域。

硅藻是一种生活在有水或潮湿环境中的微体生物,因水体物理、化学和水动力条件的差异,其种类、数量和组合特征存在明显的多样性。因此,可以通过沉积物中化石硅藻的特征推断古海洋环境和古气候条件^[6-7]。近年来,已有众多海相及海陆过渡相化石硅藻用于第四纪古环境重建的研究实例^[8-10]。

本文系统研究了 CH19 孔全新世沉积硅藻,划分了硅藻组合,讨论了光释光(OSL)、加速器质谱(AMS)¹⁴C 测年结果与年代地层序列,进而阐述了该孔揭示的渤海湾西北部浅海区全新世古环境的演变。

1 硅藻样品采集与处理

沉积物样品取自国家海洋局“908”专项《我国近海海洋综合调查与评价》的《天津海域地质地貌调查》专题的海区 CH19 孔(图 1)。该孔位于渤海湾西北部、天津市北部海域岸外约 15km 的浅海区,是渤海湾西北部浅海区地球物理调查的重要验证孔,沉积物岩心反映了渤海湾西北部浅海区的浅地层物质组成、层序与地质结构。该孔硅藻与古环境的研究揭示了渤海湾西北部浅海区全新世古环境的演变,填补了研究区全新世沉积硅藻研究的空白。

钻孔采用机械钻探,全取心,岩心直径 108mm,平均采取率 93.74%。钻探进尺依靠测深仪进行实时潮位水深校正,以保证进尺的准确性。岩心采用 PVC 管在海上现场封装。全新统厚 17m。由测深仪测量并经潮位校正后计算的孔口高程是 -7.6m(国家 85 高程)。

依据地层变化,CH19 孔全新世沉积物共采取硅藻分析样品 23 个。样品按照常规方法处理^[17],过程依次为:用 30% 的双氧水去除有机质、10% 盐酸去除钙质、比重为 2.38 的 ZnBr₂ 重液浮选 2 次、加拿大树胶封片。制成玻片后,在双目镜下鉴定属种,每个样品鉴定硅藻壳体约 200 个。

2 分析结果

2.1 硅藻分布与组成

对 CH19 孔岩心的系统分析研究表明,除个别层位硅藻贫乏外,大部分样品硅藻比较丰富。23 个样品中共发现 17 属 36 种,常见的有半咸水种条纹/柱状小环藻 *Cyclotella striata/stylorum*, 波状辐裊藻 *Actinocyclus undulatus*, 小眼圆筛藻 *Coscinodiscus oculatus*, 舟形菱形藻 *Tryblionella navicularis*, 颗粒菱形藻 *Nitzschia granulata*, 蜂腰双壁藻 *Diploneis bombus* 等。海水种有蛇目圆筛藻 *Coscinodiscus argus*, 减小圆筛藻 *Coscinodiscus decrescens*, 细弱圆筛藻 *Coscinodiscus subtilis*, 孔圆筛藻 *Coscinodiscus perforatus*, 爱氏辐环藻 *Actinocyclus ehrenbergii*, 卵形菱形藻 *Nitzschia cocconeiformis*, 盔甲双菱藻 *Surirella armoricana*, 卵形褶盘藻 *Tryblioptychus cocconeiformis*, 星脐圆筛藻 *Coscinodiscus asteromphalus*, 辐射列圆筛藻 *Coscinodiscus radiatus*, 温和圆筛藻 *Coscinodiscus temperei*, 披针菱形藻 *Nitzschia lanceolata*, 具槽直链藻 *Paralia sulcata*, 双角缝舟藻 *Rhaphoneis amphiceros*, 微凹圆筛藻 *Coscinodiscus subconcaus*, 海洋斑条藻 *Grammatophora oceanic*, 华美辐裊藻 *Actinocyclus splendens*, 同突眼斑藻 *Auliscus sculptus*, 双菱缝舟藻 *Rhaphoneis surirella*, 方格罗氏藻 *Roperia tessellata*, 星形柄链藻

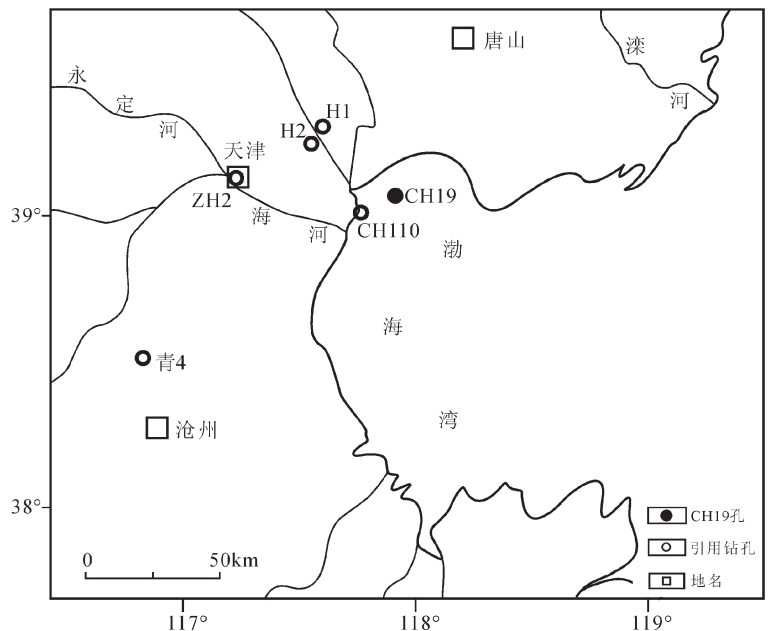


图 1 钻孔 CH19 位置图

Fig. 1 Location map of the borehole CH19

Podosira stelliger, 蜂窝三角藻 *Triceatium favus* 等。

2.2 硅藻带划分

根据硅藻组合特征——种类、个体含量和海水种(M)、半咸水种(Br)的含量,并结合沉积学研究,将CH19孔自下而上划分出7个硅藻带(I—VII,图2)。

I. 贫乏硅藻带(17~15.6m);该带未检测到硅藻。

II. *Cyclotella striata/stylorum*-*Coscinodiscus perforatus*-*Grammatophora oceanic* 硅藻带(15.6~12.9m);半咸水和海水种硅藻分别占组合的 55.5%和 44.5%。属种丰富,主要有 *Cyclotella striata/stylorum* (34.5%), *Coscinodiscus perforatus* (13%), *Grammatophora oceanic* (11%), *C. radiatus* (5%), *Actinopterychus undulatus* (4%)。另外还有一定量的 *C. oculatus*, *Coscinodiscus argus*, *C. subconcaus*, *C. decrescens*, *Nitzschia lanceolata*, *Rhaphoneis surirella*, *Diploneis bombus*, *Actinopterychus splendens*, *Roperia tessellata*, *Triceatium favus* 等。

III. 硅藻贫乏带(12.9~11.2m):硅藻贫乏,仅在上部发现零星的圆筛藻属和小环藻属碎片。

IV. *Cyclotella striata/stylorum*-*Coscinodiscus radiatus*-*Coscinodiscus subconcaus* 带(11.2~4.85m):由半咸水和海水种硅藻组成,含量分别为 41%~63%和 37%~59%。主要为 *Cyclotella striata/stylorum* (40.8%~60%), *C. radiatus* (5.8%~36.7%), *Coscinodiscus subconcaus* (2.2%~9.2%), *C. perforatus* (4%~22.4%) 及 *Coscinodiscus decrescens* (1.3%~8.9%)。另有 *Paralia sulcata*, *C. asteromphalus*, *C. argus*, *C. oculatus*, *Actinopterychus undulatus*, *A. splendens*, *Auliscus sculptus*, *Roperia tessellata*, *Rhaphoneis surirella*, *Grammatophora oceanic*, *Podosira stelliger* 等。

V. 硅藻贫乏带(4.85~3.95m):硅藻贫乏,仅发现零星的圆筛藻属和小环藻属碎片。

VI. *Cyclotella striata/stylorum*-*Coscinodiscus radiatus*-*Coscinodiscus perforatus* 带(3.95~0.8 m):本

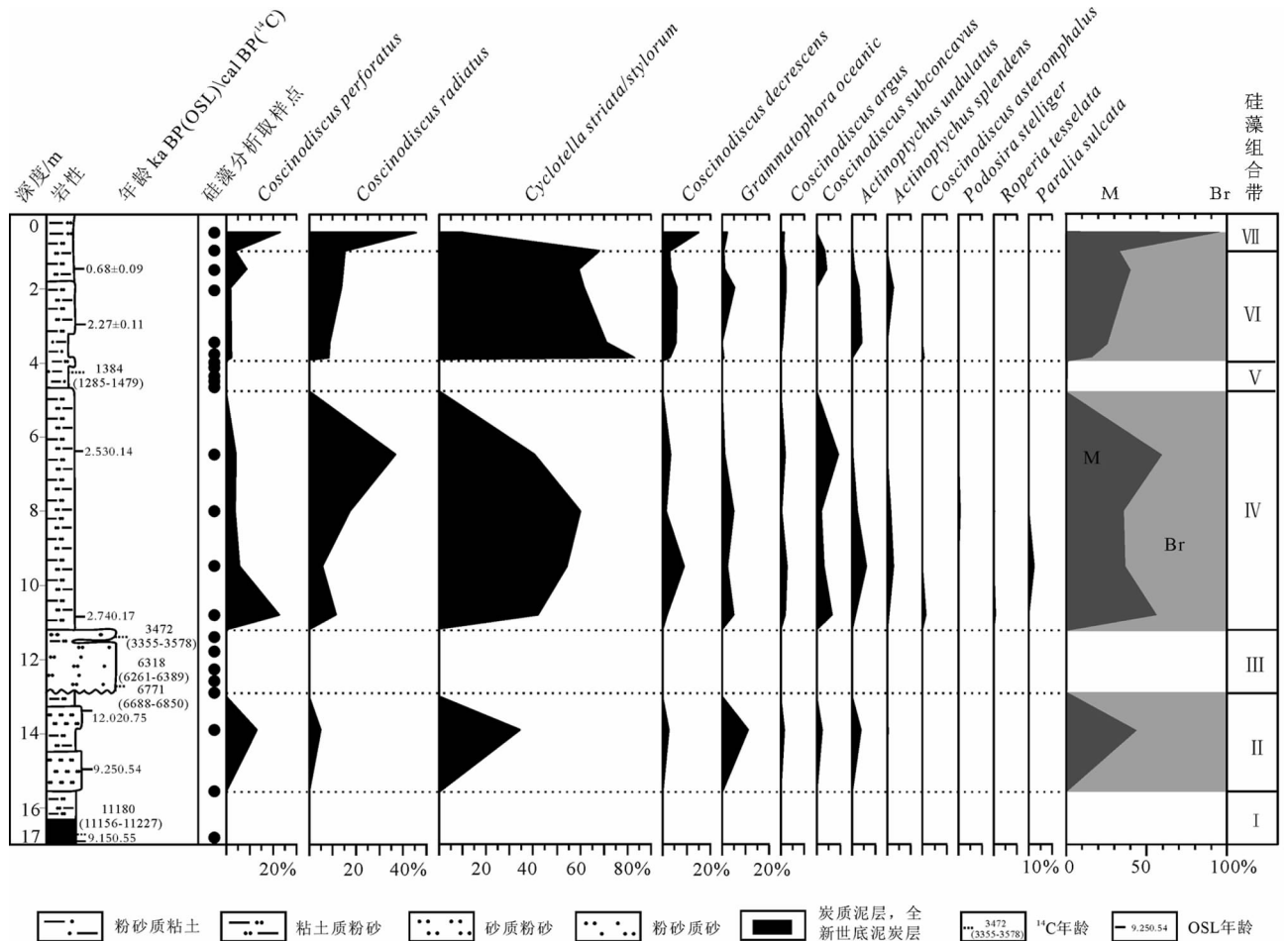


图 2 CH19 孔硅藻图式

Fig. 2 Diatom diagram of the borehole CH19

带硅藻丰富,海水种含量为 17%~39%,半咸水种含量为 61%~83%,以 *Cyclotella striata/stylorum* (59.5%~83%), *Coscinodiscus radiatus* (8.5%~15.5%), *C. perforatus* (1.8%~9%), *C. decrescens* (3%~6%) 为主。另有 *C. argus*, *Actinoptychus undulatus*, *Coscinodiscus subconcaus*, *C. subtilis*, *Grammatophora oceanic*, *Actinoptychus splendens*, *Actinocyclus ehrenbergii* 和 *Nitzschia cocconeiformi*。

VII. *Coscinodiscus radiatus*-*Coscinodiscus perforatus*-*Cyclotella striata/stylorum* 带(0.8~0 m):本带硅藻组合与 VI 带相同,但主要种的比例却发生了变化:海水种含量达到 90%,半咸水种含量约 10%;优势种 *Coscinodiscus radiatus* (45.6%), *C. perforatus* (22.8%), *C. decrescens* (15.2%), *Cyclotella striata/stylorum* (10.1%) 含量较大,另有少量的 *C. argus*, *Grammatophora oceanic* 等。

3 讨论

3.1 OSL 与 AMS ¹⁴C 测年

CH19 孔共获取 OSL 年龄 7 个、AMS ¹⁴C 年龄

5 个。OSL 样品均采自岩心中砂质含量较高的层位。避光取样,并立即塑封,以保证样品完全避光并保持原始含水量。样品前处理与测试在北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室光释光实验室进行。¹⁴C 样品在北京大学考古文博学院 AMS(加速器质谱)¹⁴C 实验室测量。AMS ¹⁴C 测定值以 5568a 为半衰期计年,并使用国际 ¹⁴C 委员会提供的 CALIB 4.4 校正程序^[18]对测试数据进行校正(表 1、图 2)。

由于 OSL 和 AMS ¹⁴C 两种测年方法的物理学原理不同,因此 2 类数据在对比时常不能很好地吻合。这一现象亦出现于笔者所在研究小组对大吴庄牡蛎礁的年代学研究^{[3,19]①}。CH19 孔的 AMS ¹⁴C 数据表现为向上依次年轻的极好的自洽性。除 13.4m 处的数据外,OSL 的其余年龄亦表现为较好的向上依次年轻的自洽性特征。OSL 与 AMS ¹⁴C 年龄的互校表明,二者的测年结果基本吻合,但在 16.9m、13.4m 和 3.0m 处吻合性稍差。下面作进一步讨论。

区域年代地层学研究表明:渤海浅海区全新世底泥炭的 ¹⁴C 直接测定值一般在 8~11ka BP 之间^[20](校正年龄则大致为 9000~13000 cal BP^[21-22])(本文

表 1 光释光与 AMS ¹⁴C 测年结果

Table 1 OSL and AMS ¹⁴C dating results

序号	实验室编号 OSL	AMS ¹⁴ C	取样位置/m	样品岩性	样品	OSL 年龄 /ka BP	AMS ¹⁴ C 年龄 /cal BP	说明
1	PKU L822	-	1.5	粘土质粉砂	-	0.68±0.09	-	可信
2	PKU L823	-	3.0	粉砂	-	2.27±0.11	-	偏老
3	-	BA06815	4.2	-	庵双齿蛤 <i>Felaniella usta</i>	-	1384 (1285~1479)	可信
4	PKU L825	-	6.4	粉砂	-	2.53±0.14	-	基本可信
5	PKU L826	-	10.8	粘土质粉砂	-	2.74±0.17	-	基本可信
6	-	BA06816	11.4	-	牡蛎 <i>Crassostrea</i> sp.	-	3472 (3355~3578)	基本可信
7	-	BA07664	12.7	-	纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>	-	6318 (6261~6389)	可信
8	-	BA07665	12.7	-	牡蛎 <i>Crassostrea</i> sp.	-	6771 (6688~6850)	可信
9	PKU L827	-	13.4	粉砂质砂	-	12.02±0.75	-	偏老
10	PKU L828	-	15.0	粉砂质砂	-	9.25±0.54	-	基本可信
11	-	BA06818	16.7	-	泥炭层中的小白旋螺 <i>Gyraulus albus</i>	-	11180 (11156~11227)	可信
12	PKU L829	-	16.9	泥炭层中的砂质粉砂	-	9.15±0.55	-	偏年轻

^{14}C 校正年龄以 cal BP 或 ka cal BP 表示,下同),但水深更深或更浅地带的年龄更老或更年轻。位于渤海中部水深约 27m 处的 $\text{B}_{\text{C}-1}$ 孔,埋深 12.95~13.1m 全新世底泥炭的校正年龄为 14056 cal BP^[22]。渤海湾现代潮间带至相邻沿海低地底泥炭层 ^{14}C 校正年龄由 11000 年轻至 9000 cal BP^[21]。天津市大直沽 ZH2 孔底泥炭的年龄为 10081 cal BP^②,宁河县淮淀乡 H1 孔底泥炭 9525 cal BP、H2 孔底泥炭 8934 cal BP^{[21]③}。更向内陆至全新世海侵最大边界处,那儿的底泥炭层年龄会更年轻,如青 4 孔底泥炭的年龄仅有 7352 cal BP^[22-23]。

CH19 孔岩石学与沉积学的基本特征是:17m 以下是黄棕色的晚更新世砂或硬粘土层^④,17m 以上转为灰色调的全新世底泥炭层,更新统与全新统界线清楚。16.9m 处泥炭层中的 OSL 年龄为 9.15ka BP (本文 OSL 年龄以 ka BP 表示,下同),而同一泥炭层中原生的白小旋螺 AMS ^{14}C 年龄为 11180 cal BP。CH19 孔水深 5.2m、孔口高程 -7.6m,与上文所述之 $\text{B}_{\text{C}-1}$ 、ZH2、H1、H2 和青 4 孔相比,从古地理学和年代学的角度,CH19 孔位于全新世海侵过程和全新世底泥炭年龄链的中间位置。它被海水淹没的时间晚于 $\text{B}_{\text{C}-1}$ 孔而早于其余诸孔,因此其年龄 11180 cal BP 是合理的,而 OSL 年龄 9.15ka BP 偏年轻(CH19 孔在 ZH2 孔以东约 60km 和 H1、H2 孔南东约 35km,而后 3 个孔底泥炭的年龄为 9~10 ka cal BP,CH19 孔先被淹侵,底泥炭年龄必然更老)。

位于早全新世底泥炭层之上、埋深 15.6~12.9m 段属于潮滩环境的硅藻 II 带。地层层序与生物学证据表明,它应该是比底泥炭年轻的、全新世海侵的开始。因此,15.0m 处的 OSL 年龄 9.25ka BP 较为可信,而 13.4m 处 OSL 年龄 12.02ka BP 显然偏老。

12.9~11.2m 为贝壳碎屑与粉砂质砂的混杂堆积层,取自底部 12.7m 同一层位的纵肋织纹螺和牡蛎 2 个 AMS ^{14}C 年龄分别为 6318 cal BP 和 6771 cal BP,结果相近,因而是可信的。该层顶部 11.4m 处牡蛎的 ^{14}C 年龄为 3472 cal BP,与位于 CH19 孔南西 45°、相距约 14km 处的 CH110 孔同一层位凸镜蛤的 ^{14}C 年龄 4177 cal BP(北京大学考古文博学院 AMS ^{14}C 实验室尚未公开发表的数据,2009)对比,显示该混杂堆积层大致开始于 6.7ka cal BP,结束于 3.5~4ka cal BP。

10.8m 与 6.4m 处获得 2 个 OSL 测年结果

2.74ka BP 和 2.53ka BP,与下伏 11.4m 的 AMS ^{14}C 年龄 3472 cal BP 相比,是向上逐渐年轻的正常时间序列,因此认为它们是基本可信的。

4.2m 处原生双壳闭合的灰双齿蛤的 AMS ^{14}C 年龄为 1384 cal BP,而 3.0m 处的 OSL 年龄为 2.27ka BP。两相比较,本文采用 AMS ^{14}C 年龄,认为 OSL 年龄偏老。顶部 1.5m 处的 OSL 年龄 0.68ka BP 可信。

综合 OSL 和 AMS ^{14}C 两类年龄数据,获得了 CH19 孔的年代学序列(表 1)。

3.2 古环境分析

硅藻分析法是恢复古环境的手段之一。CH19 孔硅藻组合序列、生态分析和年代学研究,揭示了渤海湾西北部浅海区全新世以来沉积环境的演变历程。各硅藻带指示的沉积环境如下。

I 带 潮上带湖沼环境(17~15.6m)

本带未检测到硅藻。

17.0~16.3m 层位是黑色(2.5Y 2/1)炭质泥层,16.3~15.6m 层位粒度分析结果显示物质组成为粘土质粉砂,黄灰色(2.5Y 4/1)。16.7m 处 AMS ^{14}C 年龄为 11180 (11156~11227)cal BP。测年结果显示,该段地层形成于全新世早期,根据其时代、区域地层对比、泥炭层的发育和不含硅藻的特点,判断为全新世早期的潮上带湖沼环境(例如福建沿海莆田、泉州的陆相沉积中同样未发现硅藻^[9]),当时该地距海仍有一定的距离。

II 带 潮间带环境(15.6~12.9m)

粒度分析显示该段主要为砂质粉砂与粉砂质砂,夹泥质及炭质条带,具脉状层理。15.0m 处 OSL 年龄为(9.25±0.54)ka BP。

本带硅藻丰富。主要硅藻种 *Cyclotella striata/stylorum* 分布在滨海—潮间带,自岸向海数量逐渐减少,在中国北黄海沿岸、黄海、东海、南海北部湾等地均有记录^[9]。*Coscinodiscus perforatus*, *Actinopterychus undulates*, *Diploneis bombus* 和 *C. oculus* 均为沿岸底栖种^[24-25]。*Grammatophora oceanic* 和 *Triceatium favus* 为潮间带种^[26]。硅藻组合以沿岸潮间带种和底栖种为主,含少量的浅海种与浮游种。这一组合与现代泥质潮间带表层沉积硅藻组合相同^[27]。根据测年结果和下伏、上覆沉积物的年龄(图 2,表 1),推断该带形成于早全新世,此时海水开始进入渤海湾,首先形成潮间带环境。

III带 受风暴影响的浅海环境(12.9~11.2m)

本带物质组成为厘米级的贝壳碎屑与粉砂质砂的混杂堆积,无层理,与下伏地层呈侵蚀接触。

硅藻贫乏,壳体破碎,见个别圆筛藻属和小环藻属硅藻碎片。

该段3个AMS ^{14}C 年龄的时间范围为6.77~3.47 ka cal BP, 当时海平面与现在相当或略高^[28]。海岸线位于现代岸线以西约40~50km处^[29-31], 而CH19孔位于现代岸线以东约15km的浅海区,因此该孔在距今6.77~3.47ka cal BP时应位于距当时岸线约55~65km的浅海区。由于远离海岸,水深较大(约20m深;孔口高程-7.6m+埋深约12m),机械沉积速率缓慢,为软体动物繁盛提供了相对适宜的环境。另一方面,这一深度仍然位于坏天气浪基面以上,该贝壳碎屑层分选差、不具层理、硅藻保存不良,充分显示了动荡的水动力特征。浅地层剖面仪调查结果显示,该层在渤海湾西北部浅海区广泛分布^{⑤⑥}。据此推断,该层受到风暴事件的影响,形成了累积1.7m厚的贝壳碎屑与泥砂混杂堆积。

IV带 浅海环境(11.2~4.85m)

该段粒度分析显示物质组成为粘土质粉砂,棕灰色(10YR 4/1),含粉砂纹层和砂质透镜体。埋深10.8m处的OSL年龄为(2.74±0.17)ka BP,6.4m处的OSL年龄为(2.53±0.14)ka BP。

本带硅藻丰富,海水种含量较高,最大为59%。主要硅藻种 *Coscinodiscus radiatus* 为适应高盐水的广温型沿岸和外洋种^[26]; *Coscinodiscus subconcaus* 为浅海种,广泛分布于渤海湾浅海区^[27]; *Paralia sulcata* 是典型的浅海种,对深度和盐度变化的适应能力强。从岸线到浅海,随着深度的增大, *P. sulcata* 数量逐渐增多^[9]。硅藻组合呈沿岸潮间带种与底栖种、浅海种与浮游种共存的特征。

与II带潮间带环境相比,该段沿岸底栖种 *Coscinodiscus perforatus*, *Actinopterychus undulatus* 和潮间带种 *Grammatophora oceanic* 含量降低,而浅海种 *Coscinodiscus subconcaus*、沿岸和外洋种 *Coscinodiscus radiatus* 含量明显增加,成为组合中的优势种。另外,组合中出现了 *Paralia sulcata*, *Coscinodiscus asteromphalus*, *Podosira stelliger* 等浅海种和海洋浮游种,表明该段沉积于浅海环境,海水影响增强。

V带 浅海环境(4.85~3.95m)

粒度分析显示该段物质组成为粘土质粉砂,黄

灰色(2.5Y 5/1),含粉砂纹层和贝壳碎屑富集层。埋深4.25m处的AMS ^{14}C 年龄为1384(1285~1479)cal BP。

本带厚0.9m,5个样品中仅发现零星的圆筛藻属和小环藻属碎片。优于1个样/20cm的取样密度反映的硅藻贫乏的状况,应是真实的。该带沉积物粒度稍粗于下伏和上覆地层,并含贝壳碎屑薄层,沉积环境相对动荡,可能是硅藻贫乏的原因。

VI带 浅海环境(3.95~0.8m)

该段粒度分析显示物质组成为粘土质粉砂,棕灰色(10YR 4/1),含粉砂纹层和砂质透镜体。埋深1.5m处的OSL年龄为(0.68±0.09)ka BP。

本带硅藻丰富,呈沿岸潮间带种和底栖种为主、浅海种和浮游种为辅的组合特征,显示为浅海环境。

与IV带相比,VI带海水种含量降低,半咸水种含量相应增加,沿岸潮间带种与底栖种含量增加,浅海种与浮游种含量降低。沿岸潮间带种 *Cyclotella striata/stylorum* 含量明显增加,达到60%以上。另外,沿岸底栖种 *Coscinodiscus decrescens* 和 *Actinopterychus undulatus* 含量也略有增加;浅海种 *Coscinodiscus subconcaus*、广温型沿岸和外洋种 *Coscinodiscus radiatus*、海洋浮游种 *Coscinodiscus asteromphalus* 含量明显减少,而 *Podosira stelliger* 和 *Paralia sulcata* 消失。表明与IV带相比,此时水体盐度下降。

VII带 浅海环境(0.8~0m)

粒度分析显示该段物质组成为粘土质粉砂,黑棕色(10YR 2/3)至灰黄棕色(10YR 4/2),含零星的贝壳碎屑富集层。

本带为现代浅海的表层沉积,硅藻丰富,海水种含量达到90%,各优势种 *Cyclotella striata/stylorum*, *Coscinodiscus radiatus*, *C. perforatus* 和 *C. decrescens* 含量均较大,在10%~40%之间,反映了渤海湾西北部浅海区的现代硅藻组合状况。

4 结 论

CH19孔岩心全新世硅藻经系统研究,共发现17属36种,从下至上划分了I—VII 7个硅藻带,揭示渤海湾西北部浅海区全新世以来经历了潮上带湖沼→潮间带→受风暴事件影响的浅海环境→多变的浅海环境的演化过程。

距今约11ka cal BP时,研究区进入全新世,首先是潮上带湖沼(硅藻I带)环境,此时海水距CH19孔所在地区仍有一定的距离。约10ka cal BP时研究

区开始经历了逐渐增强的海侵过程,海平面上升,开始了潮间带(硅藻Ⅱ带)至浅海(Ⅲ—Ⅶ带)的长期海水影响的环境。其中,10~7ka cal BP 为潮间带环境。约 7ka cal BP 以来进入浅海环境,在这一过程中,不同的硅藻组合指示沉积条件仍有变化:6.77~3.47ka cal BP 的中全新世硅藻Ⅲ带,是受到风暴事件影响的、1.7m 厚的贝壳碎屑与泥砂混杂堆积层;硅藻Ⅳ带复归正常浅海环境;Ⅴ带再次动荡;Ⅵ带水体盐度略有降低;Ⅶ带则反映了渤海湾西北部浅海区现代硅藻组合的状况。

致谢:德国奥尔登堡大学 Anne Großkurth 参与样品鉴定,北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室光释光实验室和北京大学考古文博学院 AMS(加速器质谱)¹⁴C 实验室分别提供 OSL 测年数据和 AMS ¹⁴C 测年数据,在此一并致谢。

参考文献

- [1]李凤林,王宏,阎玉忠,等.渤海湾西岸滨海平原晚第四纪以来的沉积间断[J].地质调查与研究,2004,27(3):177-183.
- [2]阎玉忠,王宏,李凤林,等.渤海湾西岸 BQ1 孔揭示的沉积环境与海面波动[J].地质通报,2006,25(3):357-382.
- [3]范昌福,李建芬,王宏,等.渤海湾西北岸大吴庄牡蛎礁测年与古环境变化[J].地质调查与研究,2005,28(2):124-129.
- [4]范昌福,王宏,裴艳东,等.渤海湾西北岸滨海湖埋藏牡蛎礁古生态环境[J].海洋地质与第四纪地质,2008,28(1):33-41.
- [5]李建芬,王宏,李凤林,等.渤海湾牡蛎礁平原中部兴坨剖面全新世地质环境变迁[J].地质通报,2004,23(2):169-176.
- [6]蒋辉.我国某些常见化石硅藻的环境分析[J].植物学报,1987,9(6):440-448.
- [7]王开发,陆继军,郑玉龙.福建沿岸第四纪孢粉、硅藻组合及其古环境意义[J].微体古生物学报,1995,12(4):388-397.
- [8]王开发,支崇远,郑玉龙,等.东海陆缘(闽北段)晚第四纪沉积的硅藻学研究[J].沉积学报,2002,20(1):135-143.
- [9]王开发,郑玉龙,支崇远,等.东海南北陆缘(莆、泉段)全新世沉积硅藻[J].古生物学报,2002,41(2):273-279.
- [10]王开发,支崇远,陶明华.厦门附近潮滩表层沉积剖面硅藻组合研究[J].海洋通报,2003,22(5):15-19.
- [11]Sato H, Okuno J, Katoh S. Holocene crustal movement along the coast of western Kobe and the 1995 Kobe Earthquake, Japan [J]. Quaternary Science Reviews, 2003,22: 891-897.
- [12]Sato H, Okuno J, Nakada M. Holocene uplift derived from relative sea-level records along the coast of western Kobe, Japan [J]. Quaternary Science Reviews, 2001,20: 1459-1474.
- [13]支崇远,王开发,蓝东兆,等.闽南第四纪晚期沉积硅藻组合与古环境研究[J].微体古生物学报,2004,20(3):244-252.
- [14]李超,蓝东兆,石学法,等.冲绳海槽晚第四纪硅藻生物地层划分与对比[J].台湾海峡,2004,23(4):507-513.
- [15]Freund H, Gerdes G, Streif H, et al. The indicative meaning of diatoms, pollen and botanical macrofossils for the reconstruction of palaeoenvironments and sea-level fluctuations along the coast of Lower Saxony, Germany [J]. Quaternary International, 2004,112: 71-87.
- [16]黄玥,冉莉华,蒋辉.南海北部陆坡晚更新世末期硅藻及其古环境意义[J].海洋地质与第四纪地质,2006,26(4):7-13.
- [17]Richard W Battarbee. Diatom Analysis, Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology [M]. John Wiley & Sons Ltd., 1986: 527-570.
- [18]Stuiver M, Reimer P J, Reimer R. CALIB 4.1-4.4 Manuals [R]. 2003 (<http://www.calib.org>).
- [19]Zhang J F, Fan C F, Wang H, et al. Chronology of an oyster reef on the coast of Bohai Bay, China: Constraints from optical dating using different luminescence signals from fine quartz and polymineral fine grains of coastal sediments [J]. Quaternary Geochronology, 2007,2: 71-76.
- [20]中国科学院海洋研究所海洋研究室.渤海地质[M].北京:科学出版社,1985:1-232.
- [21]王宏,李凤林,范昌福,等.环渤海海岸带 ¹⁴C 数据集 I [J]. 第四纪研究,2004,24(6):601-613.
- [22]王宏,范昌福.环渤海海岸带 ¹⁴C 数据集 II [J]. 第四纪研究,2005,25(2):141-156.
- [23]吴忱,胡镜荣,王子毁.全新世中期渤海湾西岸的海侵[J].海洋通报,1982,6:26-31.
- [24]郭玉洁.中国海藻志,第五卷第一册,硅藻门中心纲[M].北京:科学出版社,2003:17-200.
- [25]金德祥,程兆第,林均民.中国海洋底栖硅藻(上)[M].北京:海洋出版社,1982:106-111.
- [26]王开发,蒋辉.黄海晚更新世以来的硅藻组合及其沉积环境[J].沉积学报,1987,5(1):94-103(附图版2帧).
- [27]商志文,王宏,车继英,等.渤海湾表层沉积硅藻组合[J].海洋地质与第四纪地质,2006,26(5):21-26.
- [28]Chappell J, Omura A, Esat T, et al. Reconciliation of late Quaternary sea levels derived from coral terraces at Huon Peninsula with deep sea oxygen isotope records [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1996,141: 227-236.
- [29]李世瑜.古代渤海湾西部海岸遗迹及地下文物的初步调查研究[J].考古,1962,12:652-657.
- [30]王颖.渤海湾西北壳堤与古海岸线问题[J].南京大学学报,1964,8(3):424-440(附图版3帧).
- [31]赵希涛.渤海湾西岸全新世海岸线变迁,华北断块区的形成与发展[M].北京:科学出版社,1980:302-309.
- ① 范昌福.渤海西岸全新世埋藏牡蛎礁古环境.南京大学博士学位论文,2008.
- ② 龙天才,张金起,李凤林,等.天津市大直沽1万年来地质环境变化研究报告.2001.
- ③ 李凤林,王宏,王云生,等.中华人民共和国1:5万淮淀乡幅区域地质调查报告.2002.
- ④ 商志文.天津滨海新区 CH19 孔:渤海湾西北部浅海区晚更新世以来的环境演变.吉林大学硕士学位论文,2007.
- ⑤ 田立柱.天津市汉沽区海域活动断层研究.天津市国土资源和房屋管理局项目,2008.
- ⑥ 田立柱,王宏,裴艳东,等.我国近海海洋综合调查与评价(908专项):天津市海域地质地貌调查.2008.