

ASTURIAS 地区森诺曼 – 土仑期沟鞭藻 及古环境分析^{*}

董玉珊 茅绍智 殷 勇

(中国地质大学,北京)

摘 要 研究剖面位于西班牙西北部 ASTURIAS 地区,该区富含沟鞭藻化石,共发现沟鞭藻 45 属 114 种。在森诺曼-土仑(Cenomanian-Turonian)界线附近沟鞭藻的丰度、分异度显著降低,所作的指示环境的其他半定量数据在此也均有变化。通过研究对沟鞭藻所反映的古环境变迁进行了详细分析,证实森诺曼-土仑期本区明显受到了全球缺氧事件的影响。

关键词 森诺曼-土仑界线 沟鞭藻 古环境

森诺曼-土仑期在海洋中广泛存在的富有机碳沉积被认为是‘海洋缺氧事件’的结果,一系列的异常现象与此事件相对应着。当时全球温度相当高,海平面大幅度上升,CO₂ 含量至少为现今的 4 倍;从极地到赤道及海洋从表层到底层的热梯度均较低,因此,全球气候差异不大^[1]。δ¹³C 值的正偏移也普遍存在于森诺曼-土仑期,其延续时间大约为 50 万 a^[2]。同时,地磁场出现正向极性超时现象^[3]。森诺曼-土仑期的生物群记录表现出大绝灭,有 5% 的科和 15% 的属绝灭,平均每个属高达 2.6% 的绝灭率,且不同地区、不同类群的生物对事件都有各自的反应。因此,森诺曼-土仑期的生物绝灭对于建立生物群的兴亡演化模式起着重要的作用。

1 地质背景

研究剖面位于西班牙西北部 Asturias 地区,距 Oviedo 约 50 km,与 Ganuza 剖面相距约 300 km(图 1)。本区地层在森诺曼-土仑期连续沉积,剖面厚度约 34 m(图 2),岩性主要为灰色粘土、泥灰岩及灰岩,下部以灰色粘土与灰岩互层为主,上部为泥灰岩与灰岩的互层。岩性特征与 Ganuza 及 Menoyo 剖面极其相似,不同的是,本区含一层指示缺氧层的黑色粘土。富含各种无脊椎动物化石^[4],研究中亦还发现了含量丰富的沟鞭藻化石。

森诺曼-土仑期沟鞭藻的研究在英国南部及法国北部较为详细^[5,6],但在西班牙研究较少^[7,8]。此次研究的目的是查明研究区森诺曼-土仑期的沟鞭藻植物群面貌,并试图解释其环境指示意义及沟鞭藻对缺氧事件的反应。

2 方法与材料

对研究区剖面的 10 个样品进行了工作,取样位置如图 2。

(1)实验室样品处理 沟鞭藻属微体藻类,一般大小为 30 ~ 200 μm,外壁耐酸耐碱,高度分散在沉积岩中。富集化石基本采用标准孢粉分析的酸解法,溶解一切无机物,以富集包

^{*} 第一作者:董玉珊,女,1970 年生,在读博士生,地层古生物专业,邮编:100083

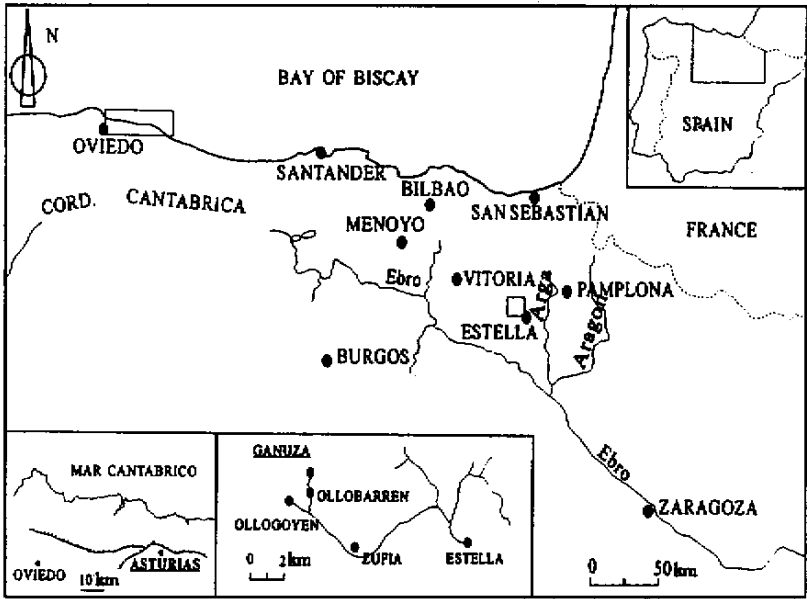


图 1 Asturias 剖面的地理位置

Fig.1 Location of the Asturias and Ganuza section in northwest Spain

括沟鞭藻在内的有机物。然后,用 20 μm 孔尼龙布过筛,以集中沟鞭藻,每个样品制 8 个 20 mm $\times$ 20 mm 的薄片。研究中取了 10 个样品,其中 3 个样品在制了 8 个固定片后,大于 20 μm 的有机残余均已用尽,另外 7 个样品仍剩余量不等的有机残余。

(2)镜下观察及定量统计 ①绝对丰度 在镜下对每个薄片随机扫描 10 行,计算出 8 个薄片所含沟鞭藻、孢粉、有孔虫内衬及疑源类的总数,然后根据样品剩余的有机残余,估算出 40 g 样品中化石的总个数,并将每克样品中所含化石的个数设计为绝对丰度。这一设计方法的前提是所有样品的沉积物在当时的沉积速率不变,本文研究的样品在岩性上较为相似,可以认为沉积速率在当时不变或变化不大,据 Fitz Patrick^[9]对英格兰南部沟鞭藻的研究表明,化石丰度及属种的分异度似乎并不受岩性的影响。Manum 等对挪威海区大洋钻探材料研究后也认为,沟鞭藻丰度的变化似乎与岩性无关 ②分异度 化石分异度的计算方法很多,研究中主要采用复合分异度方法。复合分异度是用一个数据反映生物群(化石群)内种类多样化的程度,它不仅考虑到生物分类单元(种或属)的数量,而且还反映各种(或属)的个体分配是否均匀。可根据下列公式进行计算:

$$H(S) = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中, P_i 是第 i 个种的个体数(n_i)在全群总个数(N)中所占比例($P_i = n_i/N$), $\ln P_i$ 是 P_i 的自然对数, $H(S)$ 就是种的复合分异度。

3 沟鞭藻生物地层

研究剖面含化石极为丰富,以刺孢囊为主,化石保存较好,共鉴定化石 45 属 114 种。

根据 Williams 和 Bujak^[10] 的研究,森诺曼-土伦期的沟鞭藻可划分为 *Bacchidium polyes* 组合带 (Cenomanian) 和 *Surculosphaeridium longifurcatum* 顶峰带 (Turonian),但是可能由于森诺曼-土伦期全球的古海洋条件不很均一和稳定或者因为本次研究样品较少,本区沟鞭藻组合面貌与之相比有些差异,但研究区中有一些种可以用于生物地层的确定与对比。

Epelidosphaeridia spinosa 延限时带为晚阿尔必 (Albian)-晚森诺曼早期^[11], Williams^[12] 认为它的延限年代为 93 ~ 96 Ma,即为局限于森诺曼的种,但只见于样品 A15T 中,此外,根据 Williams 等^[12] 对北半球 的资料进行了研究,另一个标志种 *Litosphaeridium siphoniphorum* 延限时带为晚阿尔必至早土伦期 (91 ~ 99 Ma), Dodworth^[13] 认为可以利用 *Litosphaeridium siphoniphorum* 进行地区间晚森诺曼期的地层对比,该种亦见于样品 A16。由此可见,根据 *Epelidosphaeridia spinosa*, *Litosphaeridium siphoniphorum* 的延限时带及因其在研究剖面的未见,位于样品 A16 以下的地层年代应属于森诺曼期,样品 A16B 产出层的地层年代为森诺曼或在森诺曼-土伦界线。遗憾的是,出现于 Ganuza 地区的土伦早期标志种 *Senoniasphaera rotundata* 在本次研究中没有发现。因而,利用沟鞭藻生物组合不能确切地划定土伦期的底界位置。本区的森诺曼-土伦期的界线划定根据 Bernardes^[4],识别依据是叠瓦蛤属 (双壳类) 及菊石。

4 沟鞭藻的古环境指示

沟鞭藻是一种单细胞浮游藻类,现代种大多数生活于海洋中,在陆地淡水、微咸水的湖泊、半咸水的港湾、泻湖等环境中也有分布,但在不同的环境中种群不同,至今还未发现一个种群既可生活于海洋又可适应于淡水。化石沟鞭藻为有性生殖结果休眠期形成的有机质孢囊,尽管不是所有的沟鞭藻都具形成孢囊的能力,化石只记录了活着时沟鞭藻的一部分,但这些化石沟鞭藻组合还是能反映当时沟鞭藻植物群的变化。长期以来,人们试图利用沟鞭藻组合的成分及形态功能分析解释古环境,如距海岸线的远近、海水的盐度及表层水的温度

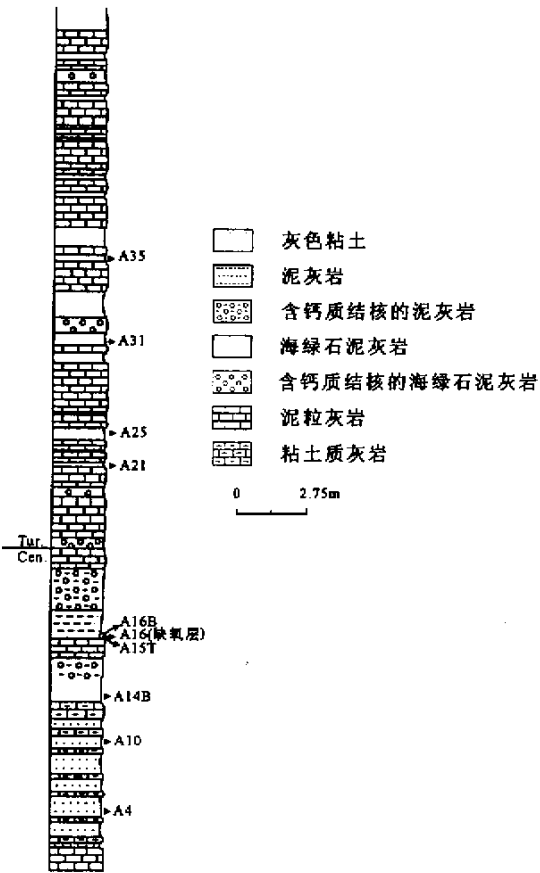


图 2 Asturias 剖面示意图

Fig.2 Asturias Section

等。一些学者对现代水体沉积物底部的沟鞭藻孢囊及沉积环境的对应研究也大大帮助了人们利用化石沟鞭藻对古环境的解释。

4.1 绝对丰度与复合分异度

许多学者利用现代及第四纪的沟鞭藻绝对丰度进行过环境研究。1975 年, Davey 和 Roger 对取自非洲西南部的大陆架及远陆坡的现代沉积物进行研究发现, 沟鞭藻的绝对丰度值在远岸地区升高; Wall 等^[14]对第四纪的研究也证实, 在陆源有机物降低、粉砂和泥含量增加的远岸, 沟鞭藻的绝对丰度值增加; 尽管对于第四纪前的沉积物中的沟鞭藻定量统计比较困难, 但是通过半定量的统计也可以对古环境进行尝试性的研究。Javis 等^[6]认为森诺曼-土仑期缺氧事件与沟鞭藻的丰度降低相一致。

本区的沟鞭藻丰度变化主要在样品 A16B 出现突然的降低, 最低值为 1.50, 其后(样品 A21)则迅速地上升, 最高值为 32.05, 接着是再次的降低, 与 Ganuza 地区的沟鞭藻丰度变化相比, 趋势一致。可以推断, 在森诺曼-土仑界线事件发生前是近岸环境; 当事件发生时, 沟鞭藻丰度显著下落并达到最低, 可能指示了环境为海平面上升的远岸; 在土仑早期沟鞭藻丰度又开始升高, 从而进入了新的周期(图 3)。

沟鞭藻的复合分异度也可以指示环境。Wall 等^[14]研究大西洋典型地区时发现, 种的分异度值在远岸环境中增加; Goodman^[15]研究了美国马里兰州等地早始新世的沟鞭藻, 观察到大多数正常海洋大陆架中的沟鞭藻的分异度为中等至高; 1979 年, Ford 对美国南卡罗来纳州更新世海洋沉积物的研究, 发现分异度的变化与陆源营养供给的注入有关, 即沟鞭藻的分异度可以反映离岸的远近, 沟鞭藻的分异度高值反映了远岸环境。

研究区沟鞭藻分异度曲线(图 3)比较复杂, 首次低值为 2.9610(样品 A16B), 其后是分异度的最高值为 3.7403(样品 A21), 接着出现第 2 次低值(样品 A25), 可能代表森诺曼-土仑界线事件之后沟鞭藻属种在复苏过程中发生的局部变化。在 Ganuza 剖面, 沟鞭藻分异度在土仑早期没有呈现显著的降低^[16], 说明与研究区的古环境有些差异。

4.2 某些有生态意义的属种

长期以来, 人们利用沟鞭藻突起的不同长度及复杂程度进行过古环境的分析。研究发现, 那些没有突起或突起简单且突起长度较低的近似刺孢囊, 发育于近岸环境, 而突起复杂且较长的孢囊则发育于远岸环境。图 4 为本次研究中所选定的不同属种在不同样品中的百分含量变化情况, 从图可以看出, 在森诺曼-土仑界线附近, 7 个属种同时发生异常变化。前 3 个属种(形态特征为突起简单且长度较低)表现为百分含量的突然降低, 后 4 个属种(形态特征主要为突起复杂且较长)表现为百分含量的突然升高, 推测在界线附近环境发生了生态由近岸向远岸的变化。

4.3 不同生物的百分含量变化

根据 Stover 和 Williams^[17]资料, 沟鞭藻、孢粉的相对含量变化出现在不同的古环境中, 沟鞭藻

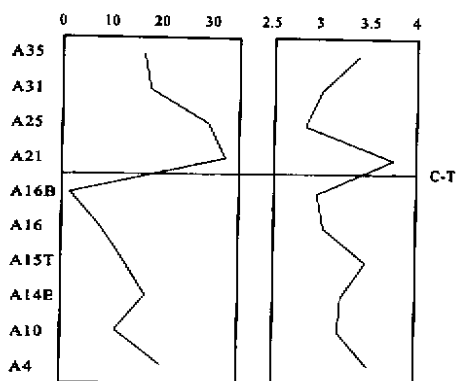


图 3 森诺曼-土仑期沟鞭藻丰度与分异度变化曲线图

Fig.3 Absolute abundance and species diversity of dinocysts and location of Cretaceous/Turonian(C/T)

万方数据

含量越高,离岸越远;孢粉含量越高,离岸越近。因此,可利用沟鞭藻和孢粉百分含量的变化指示离岸的远近。研究中发现沟鞭藻在森诺曼-土伦界线附近由最低值转为高值,有孔虫内衬也由低值转为高值,孢粉由最高值转为最低值,说明当时的环境由离岸较近转变为离岸较远(图 5)。

4.4 旋沟藻型与多甲藻型比值(gonyaulacacean/perdiniacean,即 G/P)

R. Harland^[18]研究加拿大阿尔伯塔南部 Bearpan 组的沟鞭藻时,发现一个被他称之为 gonyaulacacean 的比例参数(即 gonyaulacacean/perdiniacean)可作为盐度(实为离岸远近的)参数,参数愈高,表明环境为更开阔的海,离岸越远。Yoram Eshet^[19]利用 G/P 的比值波动研究上涌流强度及古生产率。本区 G/P 的最高值为 51.91(样品 A16B);最低值为 2.66(样品 A25);平均值为 19.49。G/P 比值的低—高—低变化显示出近岸—远岸—近岸及生产率的高—低—高的规律(图 6)。

4.5 Spiniferites 类群与 Cyclonephelium 类群比例(S/C)

Li Huan 和 Habib^[20]提出利用 Spiniferites 类群/Cyclonephelium 类群比例来指示离岸远近和海平面升降的环境变化。Spiniferites 类群,包括几种长的具复杂突起的刺孢囊,如 *Achomosphaera* spp., *Spiniferites* spp., *Hystrichosphaeridium* spp. 及 *Oligosphaeridium* spp. 等,指示开阔海环境,而 *Cyclonephelium* 类群,包括那些短的具简单突起的近似孢囊,如 *Circulodinium distinctum*, *Cyclonephelium* spp., *Exochosphaeridium* spp., *Kiokansium* spp., *Cleistosphaeridium* spp., *Sentuisidinium* spp. 等,则代表近岸稍低盐条件。S/C

万寿数据

比值越高,离岸越远,海平面相对升高;反之,相反。本文采纳他们的方法对 Asturias 的沟鞭

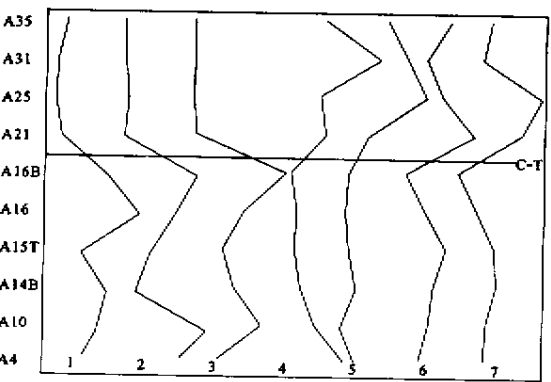


图 4 选定属种的百分含量变化

Fig.4 Percentages of selected dinocysts taxa and taxa groups

- 1 - *Canningia reticulatum* 2 - *Circulodinium distinctum* ;
3 - *Cyclonephelium* spp. 4 - *Exochosphaeridium ghragmites* ;
5 - *Palaeohystrichophora infusorioides* 6 - *Spiniferites* group ;
7 - *Trichodinium* group

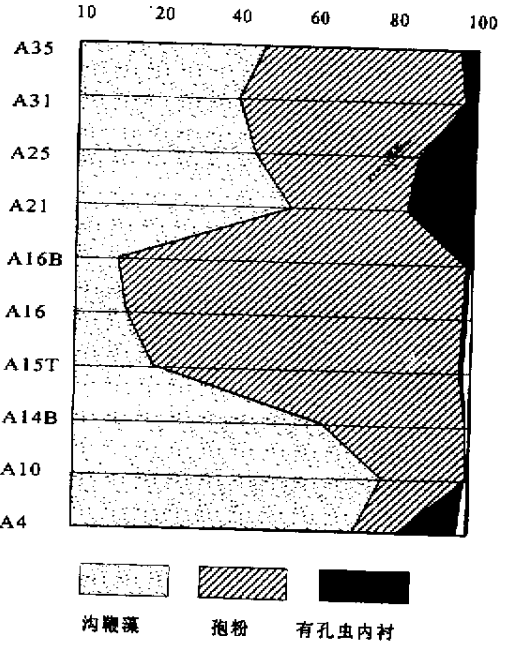


图 5 沟鞭藻、孢粉、有孔虫内衬百分含量的变化

Fig.5 Percentages of dinocysts, pollen and foraminiferal linings

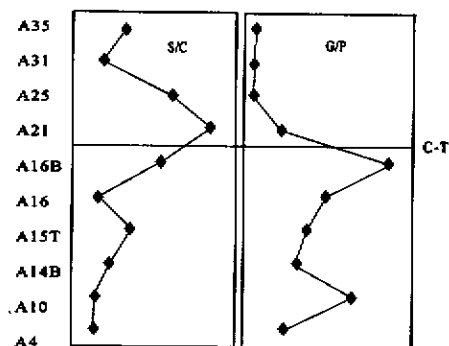


图 6 G/P 与 S/C 的变化

Fig.6 G/P and S/C indices at Austurias

藻组合进行了 S/C 比率计算(如图 6), A15-A16 样品的 S/C 值变小,反映了海平面的下降;A16B 样品的 S/C 值上升,A21 样品的 S/C 值最高,反映此时海平面的上升;其后 S/C 值又下降。这与 1994 年 Paul 等在研究西班牙北部森诺曼-土仑界线事件时提出的‘森诺曼-土仑界线事件最初是海平面的突然下降,随之,逐渐相对快速的上升,直到比以往的海平面都高’相一致。

5 结 论

(1) 根据研究区的沟鞭藻组合,确定地层时代应为森诺曼-土仑期。

(2) 从沟鞭藻对环境指示的研究得出,在森诺曼末期,本区海平面上升,环境为开阔海;土仑早期,海平面逐渐下降,逐渐恢复为近岸的环境。

(3) 通过沟鞭藻对环境的指示,以及与全球森诺曼-土仑界线事件对比,可以认为本区森诺曼-土仑期的确切界线应划定在 A16B 之上,A21 之下。

参 考 文 献

- 1 Kauffman E G. Global change leading to biodiversity crisis in a greenhouse world: the Cenomanian-Turonian (Cretaceous) mass extinction. In: Stanley, S. M. (chairperson): In the collection: Studies in geophysics, 1995, 47 ~ 71.
- 2 万晓樵. 白垩纪大洋缺氧事件. 地质科技情报. 1992, 11: 35 ~ 40.
- 3 Larson R L. Geological consequences of superplumes. Geology, 1991, (19): 963 ~ 966.
- 4 Bernardez E, Galleml J, Lopez G, Martinez R, Munoz J, Pons J M, and Santamaria R. Macrofauna de invertebrados del Cretacico superior de la Depresion Central Asturias. Treb. Mus. Geol. Barcelona. 1993, (3): 241 ~ 260.
- 5 Foucher J, C. Dinoflagellates et Acritarches. In: Robaszynski F, Amedro F (Eds.), Foucher J -C, Gaspard D, Magniez-Jannin F, Manivit H, Sornay J. Synthèse biostratigraphique de l'Aptien au Santonien du Boulonnais a partir de sept groupes paléontologiques (foraminifères, nannoplancton, dinoflagellates et microfaunes). Rev. Micropaleontol. 1980, (22): 286 ~ 296.
- 6 Jarvis I, Carson G A, Cooper M K E, Hart M B, Leary P N, Tocher B A, Home D and Rosenfeld A. Microfossil Assemblages and the Cenomanian-Turonian (late Cretaceous) Oceanic Anoxic Event. Cretaceous Research, 1988, 3 ~ 103.
- 7 Herngreen G F W. Dinoflagellates of the Cenomanian Arenero de Xixun section near Oviedo, Spain. Rev. Esp. Micropaleontol. 1980, 12(1): 23 ~ 26.
- 8 Mao S, Lamolda M A. Quistes de dinoflagellados del Cenomaniense superior y Turoniense inferior de Ganuza, Navarra, I. Paleontología sistematica. Rev. Esp. Paleontol. 1998, (13): 261 ~ 286.
- 9 FitzPatrick M E J. Recovery of Turonian dinoflagellate cyst assemblages from the effects of southern England. In: Hart, M. B (Ed.), Biotic Recovery from Mass Extinction Events. Geol. Soc. Spec. Publ. 1996, (102): 279 ~ 297.
- 10 Williams G L, Burjak J P. Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates. In: Bolli H M, Saunders J B, Perch-Nielsen, K. (Eds.), Plankton Stratigraphy Cambridge University Press, Cambridge, 1985, 847 ~ 964.
- 11 Stover L E, Brinkhuis H, Damassa S P, Versteil de L, Helby R J, Monteil E, Partridge A D, Powell A J, Riding J B, Smelror M and Williams G. L. Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes, in: Jansonius, J & McGregor, D. C. (Eds.), Palynology: principles and applications, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1996, (2): 641 ~ 750.

12 Williams G L, Stover L E, Kidson E J. Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the northern Hemisphere. *Geol. Surv. Can.*, 1993, 92 ~ 10, 1 ~ 137.

13 Lamoda M A and Mao S. The Cenomanian-Turonian boundary event and dinocyst record at Ganuza (northern Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1999, 150 : 65 ~ 82.

14 Wall D, Dale B, Lohmann G P, Smith W K. The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the North and South Atlantic Oceanic and adjacent areas. *Mar. Micropaleontol.* 1977, (2) : 121 ~ 200.

15 Goodman D K. Dinoflagellate ‘communities’ from the Lower Eocene Nanjemoy Formation of Maryland, USA. *Palynology*, 1979, (3) : 169 ~ 190.

16 Lamoda M A and Mao S. The Cenomanian-Turonian boundary event and dinocyst record at Ganuza (northern Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1999, 150 : 65 ~ 82.

17 Stover L E and Williams G L. Dinoflagellates, Third North American Paleontological Convention, Proceedings, 1982, (2) : 525 ~ 533.

18 Harland R. Dinoflagellate cysts and acritarchs from the Bear-paw Formation (Upper Campanian) of southern Alberta, Canada. *Palaeotology*. 1973, 16 : 665 ~ 703.

19 Yoram Eshet, Ahuva Almogi-Labin, Amos Bein, Dinoflagellate cysts, paleoproductivity and upwelling systems : a Late Cretaceous example from Israel. *Mar. Micropaleontol.* 1994, 23 : 231 ~ 240.

20 Li H, Habib D. Dinoflagellate stratigraphy and its response to sea level change in Cenomanian-Turonian sections of the Western Interior of the United States. *Palaaios*, 1996, 11 : 15 ~ 30.

An Analysis of Dinocysts of Cenomanian-Turonian Transition Phase
in Asturias, Spain, and the Palaeoenvironmental Interpretation

Dong Yushan Mao Shaozhi Yin Yong
(China University of Geosciences, Beijing)

Abstract The study section located in Asturias, northwestern Spain, contains very rich dinocysts comprising a total of 114 species and subspecies. Cyst abundance and species diversity show obvious decrease near the Cenomanian-Turonian boundary. Other semiquantitative data related to the palaeoenvironments also show dramatic changes, indicating that fluctuations were obviously influenced by Oceanic Anoxic Events.

Key words Cenomanian-Turonian boundary dinocyst palaeoenvironment