

Q911; P53 A

# 藏南定日地区 Cenomanian/Turonian 界线附近的生物古海洋事件\*

赵文金<sup>1</sup> 万晓樵<sup>2</sup>

(1. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 北京 100044; 2. 中国地质大学地球科学与资源学院 北京 100083)

**摘 要** 藏南定日地区在白垩纪中期发育一套浅灰色-深灰色的以钙质页岩、泥灰岩及微晶灰岩为主的浅海陆棚相沉积,岩石中除含较高的粘土矿物及陆源石英矿物颗粒以外,还含有十分丰富的有孔虫化石。依据浮游有孔虫 *Helvetoglobotruncana praehelvetica* 的首次出现将 C/T 界线置于样品 9922 及 9923 之间,该界线位于 *Whiteinella archaeocretacea* 化石带之中。通过定量分析,该区有孔虫的丰度、分异度以及浮游与底栖有孔虫比率、具旋脊与不具旋脊有孔虫的比率等指标在剖面纵向上表现出 3 个明显的演化阶段,即 *Rotalipora cushmani* 带上部、*W. archaeocretacea* 带及 *H. helvetica* 带下部,有孔虫动物群的变化特征完整地记录了 C/T 界线附近古海洋事件的全过程。该次事件中,碳稳定同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值存在着明显的异常变化——正向偏移,元素地球化学 U、Th 及 K 的丰度也表现出明显的异常变化,其丰度值均比标准平均值偏高。所有这些特征均是在全球洋脊迅速扩张这一背景下海平面发生剧烈变化的结果。

**关键词** 生物古海洋事件 白垩纪中期 定日 藏南

晚中生代是地球演化的重大突变期,地球表部层圈和岩石圈构造均发生了重大改变,白垩纪中期 Cenomanian/Turonian(C/T)界线附近就是一个重要的众多全球地质事件发生时期。C/T 界线附近的众多全球事件中以大洋缺氧事件(OAE)最为令人瞩目。至目前为止,大量的国内外研究表明,生物界的集群绝灭、有机碳含量的增高以及  $\delta^{13}\text{C}$  值的正向偏移是 OAE 最重要的 3 个标志(Scholle and Arthur, 1980; Raup and Sepkoski, 1984; Shipboard Scientific Party, 1985; Schlanger et al., 1987; Kaiho and Hasegawa, 1994)。在白垩纪中期的大洋缺氧事件中,生物界有 70% ~ 80% 的种发生了绝灭,全球范围内分布的富有机碳沉积物中有机碳的含量明显增高,多为 1.0% ~ 30% 不等,  $\delta^{13}\text{C}$  正向偏移最高可达 4.47‰。这次大洋缺氧事件发生的主要原因被归结为全球海平面上升,并建立了当时火山—构造活动、海平面上升、全球一致性变暖以及大洋表层水团与底层水团变迁的模式(Arthur et al., 1987; Bralower and Thierstein, 1987; Mello et al., 1989)。

由于在欧洲及北美洲具有较为扎实的生物地层学研究基础及黑色页岩出露较好的许多地质剖面,故而对白垩纪中期 C/T 界线附近 OAE 的现有研究成果主要集中在特提斯与大西洋海域。我国海相白垩系主要出露于西藏南部。西藏位于特提斯海域的东部,与

\* 科技部 973 预研项目(2001CCA01800)、国家重点基础研究发展规划项目(G1998040800)和国家基础科学特殊学科点人才培养基金项目(批准号:J9930095)经费资助。

赵文金,男,1968年8月生,博士,微体古生物学专业。

2001-08-06 收稿,2001-12-06 改回。

世界其它海域相通,对该区 C/T 界线事件的研究无疑具有全球可对比性。近年来,在我国西藏南部也开展了这方面的研究,并取得了一些可供全球对比研究的可靠资料(万晓樵等,1996)。本文根据近期对西藏南部定日地区白垩纪中期的古海洋事件的综合研究,进一步阐明当时古海洋的变化、古气候的变迁以及古构造格局的演变,并进而揭示地球发展进程中的运动规律。

## 1 Cenomanian/Turonian 界线事件层位的确定

对 C/T 界线事件研究较多的世界上其它地区(如欧洲英国、德国、法国、意大利、西班牙及欧洲西部的大陆架等地;美洲的美国、加拿大和哥伦比亚等国;非洲的利比亚、突尼斯、摩洛哥和尼日利亚等国;以及太平洋和印度洋等深海钻孔)对 C/T 界线的确定一般以钙质超微化石 *Quadrum gartneri* 或叠瓦蛤 *Mytiloides labiatus* 的始现面为标准(Roboszynski and Caron 1979; Birkelund et al., 1984; Hallam and Wignall, 1997)。该界线位于浮游有孔虫 *Whiteinella archaeocretacea* 带之中(图 1)。

在我国西藏南部的同期地层中,大化石极为稀少,难以用来确立地层的准确界线。近年来,在藏南岗巴地区白垩纪中期的地层中先后发现了十分丰富的有孔虫及钙质超微化石,据此比较精确地确定了该地区的 C/T 界线:这一界线也位于浮游有孔虫 *W. archaeocretacea* 带之中,并以有孔虫 *Helvetoglobotruncana praehelvetica* (万晓樵等,1996,2000)及钙质超微化石 *Quadrum obliquum* (钟石兰等,2000)的首次出现为标志。藏南岗巴地区 C/T 界线附近的地层中所含的有孔虫及钙质超微化石包括众多全球性广泛分布的标志性属种,因此,依据它们确定下来的藏南岗巴地区的 C/T 界线具有可操作性及全球可对比性。

与岗巴同处于一个沉积盆地的定日地区,在 C/T 界线附近出露的地层仍以冷青热组及岗巴村口组为主,为一套以灰黑色钙质页岩、泥灰岩及微晶灰岩为主的连续陆棚浅海相沉积。这套岩石中有孔虫化石特别丰富,与岗巴地区发现的有孔虫化石面貌基本一致,并且见有众多可与全球进行横向对比的重要化石分带分子。本文中,依据这些重要的浮游有孔虫分子,在近 51.5 m 厚的地层中建立了 5 个有孔虫化石带,从下向上依次为 *Rotalipora brotzeni* (样品 9901 ~ 样品 9902), *R. reicheli* (样品 9903 ~ 样品 9907), *R. cushmani* (样品 9908 ~ 样品 9918), *Whiteinella archaeocretacea* (样品 9919 ~ 样品 9925) 及 *Helvetoglobotruncana helvetica* (样品 9926 ~ 样品 9931) 化石带。在样品 9923 中开始出现浮游有孔虫 *Helvetoglobotruncana praehelvetica* 分子。在岗巴地区的宗山剖面中, *H. praehelvetica* 的出现代表了白垩纪中期一次重要的生物事件,万晓樵等(1996,2000)先后把它出现作为 Turonian 阶的开始;钟石兰等(2000)对钙质超微化石详细的研究表明,钙质超微化石 *Quadrum obliquum* 的首次出现与浮游有孔虫 *H. praehelvetica* 的首次出现是一致的,并将其也作为岗巴地区 Turonian 阶开始的标志。定日地区贡扎剖面中钙质超微化石不十分丰富,但依据浮游有孔虫 *H. praehelvetica* 的首次出现仍可确定 C/T 界线。本文中,我们将该区的 C/T 界线置于样品 9922 及 9923 之间即冷青热组的顶部,并与岗巴地区一样以有孔虫 *H. praehelvetica* 的首次出现为标志,同时与世界上其它地区一样也位于浮游有孔虫 *W. archaeocretacea* 化石带之中(图 1)。其界线的生物带年龄值为 92 Ma (Caron, 1985)。

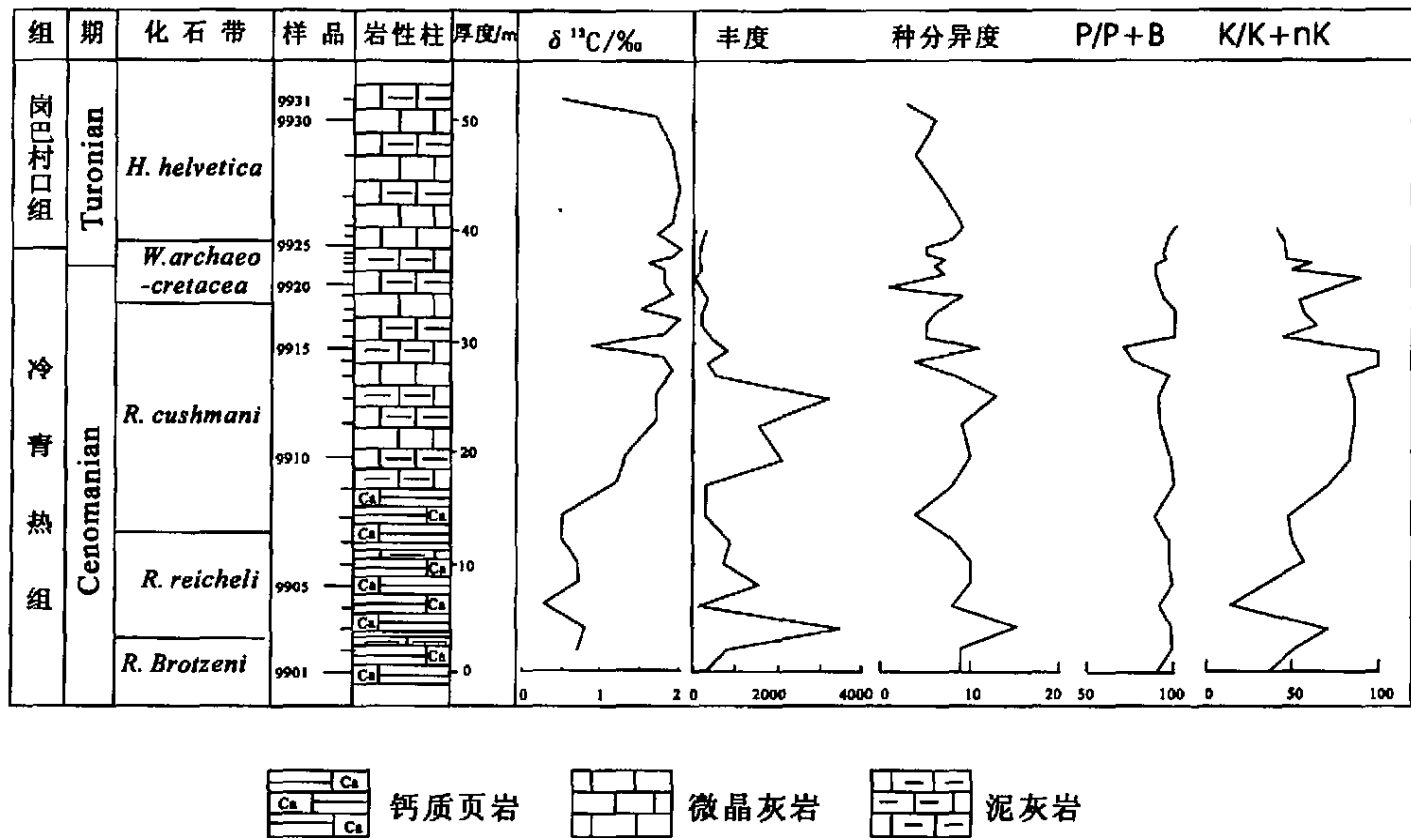


图1 藏南定日地区白垩纪中期有孔虫动物群变化特征及碳稳定同位素特征  
 Fig. 1 Foraminifers and  $\delta^{13}C$  curves near the Cenomanian-Turonian boundary in Tingri, southern Tibet

## 2 Cenomanian/Turonian 界线事件的沉积学特征

西藏南部定日地区的白垩系属于印度大陆北缘的被动陆缘盆地沉积(刘宝珺等, 1984), 主要为浅海陆棚相, 以贡扎剖面为代表。C/T 界线附近的岩性特征以深灰色-浅灰色钙质页岩、泥灰岩及微晶灰岩为主, 含较高的粘土矿物及陆源石英矿物颗粒。对粘土矿物进行 X-衍射鉴定结果表明, 粘土矿物主要以伊利石、高岭石和绿泥石为主(陶然, 1989)。粘土矿物中高岭石的形成是大陆强烈化学风化的结果, 一般认为它是低纬区、湿润气候环境条件下的产物; 而岩石中石英含量较高, 主要是因为离大陆风化区—物源区较近的结果。

## 3 Cenomanian/Turonian 界线事件的古生物学特征

藏南定日地区 C/T 界线附近的地层中尽管大化石极为稀少, 但微体化石却比较丰富, 主要以有孔虫动物群为主。在 Cenomanian 阶上部至 Turonian 阶下部共鉴定有孔虫 17 属 45 种, 其中浮游有孔虫 9 属 34 种, 底栖有孔虫 8 属 11 种。通过对微体化石的系统研究, 在该时期建立了 5 个浮游有孔虫化石带(见前述), 它们可与世界上其它地区同期化石带相对比, 分属于 Cenomanian 期及 Turonian 期。定量研究结果表明, 有孔虫的丰度、分异度以及浮游与底栖有孔虫比率、具旋脊与不具旋脊有孔虫的比率等指标在剖面纵向上表现出 3 个明显的演化阶段, 即 *R. cushmani* 带上部、*W. archaeocretacea* 带及 *H. helvetica* 带下部(见图 1)。需说明的是: 由于样品 9927 ~ 样品 9931 均为质地较硬的泥灰岩及微晶灰岩, 对这 5 个样品不能进行正常的微体古生物样品的室内处理, 只进行了岩石切片后在显微镜下的研究, 因此仅统计出这 5 个样品中有孔虫的种分异度, 而其它定量指标, 如有孔虫的丰度、浮游与底栖有孔虫比率以及具旋脊与不具旋脊有孔虫的比率等, 则无法直接计算、统计。

该区有孔虫动物群的变化特征完整地记录了 C/T 界线事件的全过程。在大洋缺氧事件还没有发生的 Cenomanian 中-晚期, 繁盛着以具单旋脊的深层水类型 *Rotalipora* 动物群为主的浮游有孔虫; 在 Cenomanian 晚期, 大洋缺氧事件已开始发生, 并导致 *Rotalipora* 动物群在其鼎盛期全部灭绝, 有孔虫的丰度及分异度均大幅度降低; 在大洋缺氧事件发展时期, 即 *W. archaeocretacea* 化石带, 有孔虫中的中层水类型(以 *Whiteinella* 属为主)及浅层水类型(以 *Hedbergella*、*Heterohelix* 等属为主)随着海水中缺氧层向上的扩张也大部分绝灭, 有孔虫的丰度及分异度均维持在一个很低的水平; 在大洋缺氧事件的衰亡时期, 即 *H. helvetica* 化石带, 随着海平面下降, 大洋缺氧层也向下回落, 表层海水中含氧量逐渐趋于正常, 浅层水有孔虫类群最先得到恢复发展, 有孔虫丰度及分异度也开始回升(图 2)。

## 4 Cenomanian/Turonian 界线事件的同位素特征

### (1) 材料及测试方法简介

我们在定日地区 Cenomanian/Turonian 界线附近 51.5 m 厚的地层中共采集 30 个样品, 分别用于微体古生物及稳定同位素的测试, 并进行了 24 个层位的 U、Th 和 K 丰度测试。在界线附近采样间距加密到 50 cm 左右, 远离界线采样间距适当放宽, 但一般均在 2

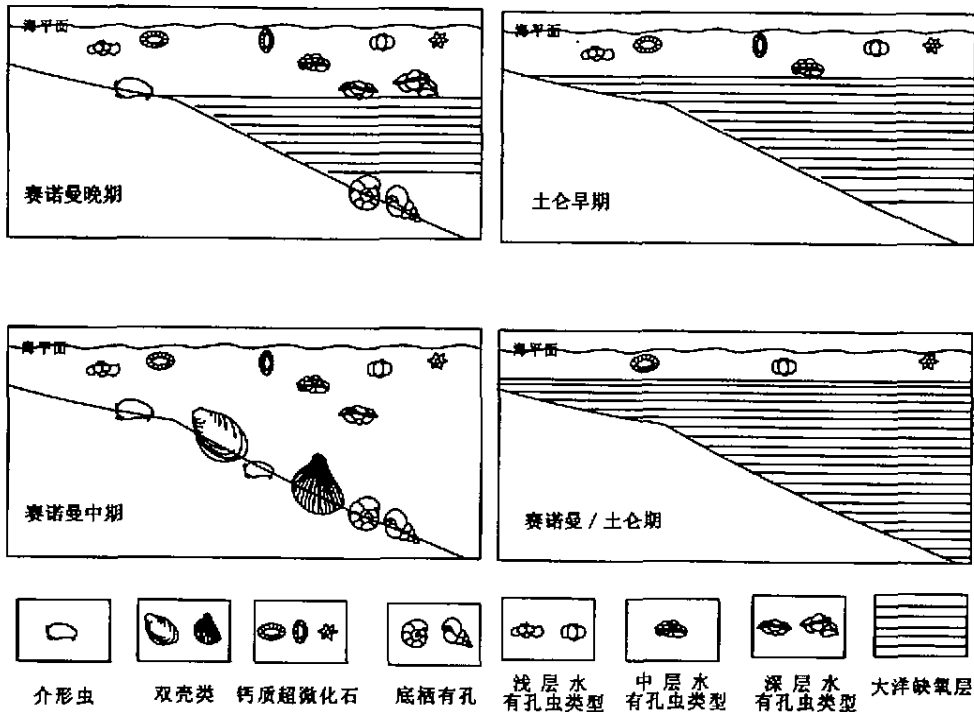


图 2 藏南定日地区白垩纪中期生物古海洋事件演化模式

Fig. 2 Evolutionary pattern of mid-Cretaceous bio-palaeoceanographic events in Tingri, southern Tibet

m 以下。样品中 C 稳定同位素的测试在中国石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室用 Finnigan-MAT252 气体同位素质谱仪完成。U、Th 和 K 丰度的测试主要是在野外直接用  $\gamma$  射线能谱测量仪测定,这项工作与英国伯明翰大学 A. Hallam 教授及利兹大学 P. Wignall 博士共同完成。

### (2) 碳稳定同位素: $\delta^{13}\text{C}$ 的变化特征

定日地区  $\delta^{13}\text{C}$  值在 C/T 界线附近存在着明显的异常变化——正向偏移,其最高值可达 2‰(图 1)。这与世界其它地区同期的  $\delta^{13}\text{C}$  值相比稍低。在英国的同期沉积 Yorkshire 和 Humberside 黑色条带中,  $\delta^{13}\text{C}$  值的峰值可达 3.5‰ ~ 4.3‰(Schlanger et al., 1987); 在欧洲西部大陆架的同期沉积黑色页岩中,  $\delta^{13}\text{C}$  的峰值可达 3.72‰ ~ 4.47‰(Shipboard Scientific Party, 1985)。在北美洲的同期沉积中,  $\delta^{13}\text{C}$  值的峰值可达 3.2‰(Schlanger et al., 1987)。定日地区  $\delta^{13}\text{C}$  值偏低主要与该区当时处于被动大陆边缘浅海区,有大量陆源碎屑物质的输入(稀释作用)有关。

另外,藏南定日地区 C/T 界线附近的  $\delta^{13}\text{C}$  值还表现出这样一个特点:  $\delta^{13}\text{C}$  值在 C/T 界线附近 6 Ma 的时间间隔内均维持在一个较高的水平上(见图 1),这表明该区在 C/T 界线附近相当长的一段时期内都存在有机碳的大量埋藏,这是大洋缺氧事件在陆缘浅海区的特殊反应。

### (3) 元素地球化学: U、Th 及 K 的变化特征

藏南定日地区白垩纪中期 U、Th 及 K 含量(丰度)曲线的变化具有明显的一致性,即从 Cenomanian 中-晚期至 Turonian 早期,U、Th 及 K 的含量都由高到低,并且均可以分成两个部份,下部钙质页岩中含量较高,而上部碳酸盐岩中含量较低(图 3),这主要是受元素克拉克值的影响。

该区 U、Th 及 K 含量曲线的变化还表现出另一个显著的特征:它们在大洋缺氧事件发生时期形成的碳酸盐岩中的含量,与其在正常情况下形成的碳酸盐岩中的含量(标准)相比存在着显著的异常变化——正向偏移。其中,U 的含量偏离较少,约偏离了  $1 \times 10^{-6}$ ,Th 及 K 的含量则偏离较多,Th 约偏离了  $8 \times 10^{-6}$ ,而 K 则约偏离了 1.2%(图 3)。该区 U、Th 及 K 的含量在大洋缺氧事件发生时期的异常变化主要与当时处于还原环境、有机质及粘土矿物较丰富有关。

## 5 Cenomanian/Turonian 界线事件的机制探讨

西藏南部定日地区 C/T 界线附近发生了有孔虫动物集群绝灭事件及大洋缺氧事件等古海洋事件,并发生了碳稳定同位素及元素地球化学异常现象,这与当时全球发生的一系列地质事件是一致的。藏南 C/T 事件发生的原因应从全球事件的机制来考虑。从全球范围来看,C/T 界线附近的一系列地质事件与当时全球构造活动密不可分。

大约在早白垩世(距今 125 Ma)左右,南大西洋和印度洋洋底开始了早期扩张,印度洋的张开导致印度板块与南极大陆裂离。此时印度洋的扩张大致沿着平行于印度东缘的扩张脊发生,印度板块向西北方向漂移(Kennett, 1982; 同济大学海洋地质系, 1985),这可能与位于印度板块以北的特提斯洋洋脊此时也快速扩张有关。沿雅鲁藏布江南、北两个条带展布的早白垩世蛇绿岩(余光明等, 1990)就足以说明此时特提斯也处于洋脊扩张时期,而且当时特提斯洋具有相当的规模。大约在距今 92 Ma 左右,即进入到中-新生代以来全球洋脊的第三增生时期,印度洋洋脊活动发生了重大调整,洋脊有过快速的南北向张裂,而且洋脊向北平移很快(马宗晋等, 1998),导致印度板块向北迅速漂移(Curray et al., 1982)。发生洋脊活动重大调整的时期恰好位于 C/T 界线附近,而位于印度板块北侧的特提斯此时正处于其鼎盛时期。盖保民(1991)曾推算过白垩纪中期特提斯洋的规模,当时其沿南北方向的宽度应不少于 9 000 km。海底迅速扩张的时期正是海侵的时期,而且也是迅速俯冲的时期(Schopf, 1980)。随后由于印度洋洋脊扩张速度相对较快,特提斯洋脊受到推挤而使其扩张速度逐渐减慢,并开始出现俯冲消减。

全球洋脊在第二和第三增生期的转折时期,是全球洋脊扩张速度最快的一个时期。而洋脊扩张速率的变化明显影响海平面的变动。当洋脊扩张速率加快时,新生洋壳冷却不充分,洋中脊体积较大,导致海盆容积减小,海平面升高,产生海侵。Hays and Pitman (1973)计算出的白垩纪最高海平面时期的海平面比现代要高出 300 ~ 350 m,并认为主要是与当时快速的海底扩张有关。Schopf(1980)认为,海底扩张速率的变化可以导致海平面 300 ~ 500 m 的变动,它是百万年的时间尺度内海平面变化的主导因素。白垩纪中期如此高的海平面变化,足以产生全球范围内的、大规模的大海侵,大海侵可以波及大面积的三角洲及沿岸平原。这一方面可以将大量陆生植物碎屑搬运入海,使海洋中有机物增加,而大量有机物在下沉分解过程中将会消耗大量海洋水体中的溶解氧,在中层水(150 ~

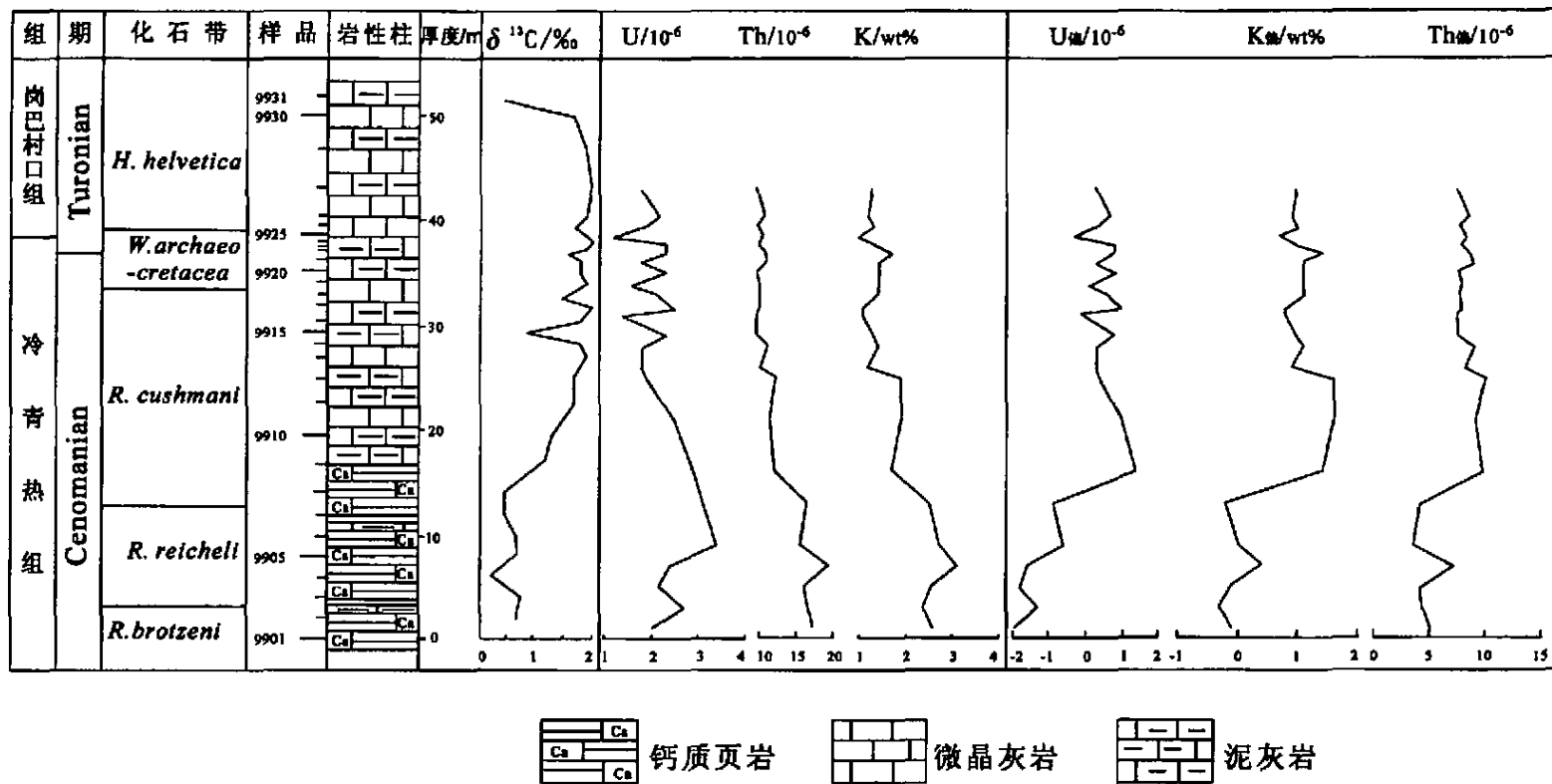


图3 藏南定日地区白垩纪中期元素地球化学特征

Fig. 3 Element geochemical curves of the Cenomanian-Turonian boundary sequence in Tingri, southern Tibet

1 000 m)形成大洋缺氧层;另一方面海侵可以造成海洋表层肥力与生产率的提高,大量生物正常死亡后,其壳体在下沉及氧化分解过程中也会消耗大量的氧,这会引发大洋缺氧层短期扩展与加强;当大洋缺氧层扩展一定范围时,就会引起生物大量集群绝灭,同时导致富含有机物的黑色页岩全球广布、 $\delta^{13}\text{C}$ 正向偏移以及诸多地球化学异常现象。

西藏南部白垩纪中期大洋缺氧事件与生物集群绝灭事件等一系列地质事件就是在全局洋脊迅速扩张这一背景下,海平面发生剧烈变化的结果。海平面上升导致大洋缺氧事件的发生,从而造成 C/T 界线附近有孔虫动物集群绝灭事件的发生(图 2)。藏南定日地区此时位于印度大陆北侧被动大陆边缘上,海水较浅,为陆棚浅海环境。伴随着白垩纪中期大规模的海侵,定日地区发生了大洋缺氧事件、生物集群绝灭事件、 $\delta^{13}\text{C}$ 正向偏移及诸多元素地球化学异常现象。同时,由于又伴随有大量陆源碎屑物质的流入而产生的稀释作用,出现了该区  $\delta^{13}\text{C}$  值相对偏低等现象。尽管藏南定日地区 C/T 界线附近  $\delta^{13}\text{C}$  值同全球同期地层相比明显偏低,但仍表现出 C/T 界线附近高、远离界线低的变化趋势。

致谢 A. Hallam 教授, P. Wignall 博士及李祥辉副教授参加了野外地球化学样品的测试工作,在此表示感谢。

### 参 考 文 献

- 盛保民. 1991. 地球演化, 第 1 卷. 北京: 中国科学技术出版社. 1—674.
- Gai Baomin. 1991. The Evolution of the Earth, Vol. 1. Beijing: China Science and Technology Press. 1—674.
- 刘宝珺, 余光明, 王成善, 兰伯龙. 1984. 从珠穆朗玛峰地区侏罗系沉积特征讨论该区板块构造的性质. 见: 李廷栋主编, 青藏高原地质文集, 15. 北京: 地质出版社. 1—12.
- Liu Baojun, Yu Guangming, Wang Chengshan and Lan Bolong. 1984. On the Jurassic sedimental and plate tectonic features of Qomolangma area. in: Li Tingdong, ed. Contribution to the Geology of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau, No. 15. Beijing: Geological Publ. House. 1—12.
- 马宗晋, 李存棒, 高祥林. 1998. 全球洋底增生构造及其演化. 中国科学(D辑), 28(2): 157—165.
- Ma Zongjin, Li Cunchang and Gao Xianglin. 1998. The global seafloor accretion tectonics and their evolution. Science in China (Series D), 28(2): 157—165.
- 陶 然. 1989. 西藏南部中白垩世古海洋学研究[硕士学位论文]. 成都: 成都理工学院. 1—104.
- Tao Ran. 1989. Mid-Cretaceous Palaeoceanography in Southern Tibet, China [Master Degree Thesis]. Chengdu: Chengdu University of Technology. 1—104.
- 同济大学海洋地质系. 1985. 古海洋学概论. 上海: 同济大学出版社. 1—316.
- Department of Marine Geology, Tongji University. 1985. Introduction to Palaeoceanography. Shanghai: Tongji University Press. 1—316.
- 万晓禧, 阴家润. 1996. 西藏岗巴地区白垩纪中期微体生物群与古海洋事件. 微体古生物学报, 13(1): 43—56.
- Wan Xiaoxi and Yin Jiarun. 1996. Mid-Cretaceous microfossil assemblages and paleoceanographic event in Gamba, Tibet. Acta Micropalaeontologica Sinica, 13(1): 43—56.
- 万晓禧, 赵文金, 李国彪. 2000. 对西藏岗巴晚白垩世地层的新认识. 现代地质, 14(3): 281—285.
- Wan Xiaoxi, Zhao Wenjin and Li Guobiao. 2000. Restudy of the Upper Cretaceous in Gamba, Tibet. Geoscience, 14(3): 281—285.
- 余光明, 王成善. 1990. 西藏特提斯沉积地质. 北京: 地质出版社. 1—185.
- Yu Guangming and Wang Chengshan. 1990. Sedimentary Geology of the Xizang (Tibet) Tethys. Beijing: Geological Publ. House.



- 1—185.
- 钟石兰, 周志澄, Willems H, 章炳高, 祝幼华. 2000. 西藏南部岗巴地区白垩纪中期钙质超微化石带和 Cenomanian-Turonian 界线. *古生物学报*, 39(3): 313—325.
- Zhong Shilan, Zhou Zhicheng, Willems H, Zhang Binggao and Zhu Youhua. 2000. The Middle Cretaceous calcareous nanofossil zones in Gamba area, southern Xizang (Tibet), China, and the Cenomanian-Turonian Boundary. *Acta Palaeontologica Sinica*, 39(3): 313—325.
- Arthur M A, Schlanger S O and Jenkyns H C. 1987. The Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event II: Palaeoceanographic controls on organic-matter production and preservation. in: Brooks J and Fleet A J. eds. *Marine Petroleum Source Rocks*. Geological Society of London Special Publication, No.26. Oxford: Blackwell. 401—420.
- Burkelund T, Hancock J M, Hart M B, Rawson P F, Remane J, Robaszynski F, Schmid F and Surlyk F. 1984. Cretaceous stage boundaries—Proposals. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 33: 3—20.
- Bralower T J and Thierstein H R. 1987. Organic-Carbon and metal accumulation in Holocene and mid-Cretaceous marine sediments: Palaeoceanography significance. in: Brooks J and Fleet A J. eds. *Marine Petroleum Source Rocks*. Geological Society of London Special Publication, No.26. Oxford: Blackwell. 345—370.
- Caron M. 1985. Cretaceous planktic foraminifera. in: Bolli H M, Saunders J B and Perch-Nielsen K. eds. *Plankton Stratigraphy*. Cambridge: Cambridge University Press. 17—86.
- Curray J R, Emmel F J, Moore D G and Raitt R W. 1982. Structure, tectonics and geological history of the northeastern Indian Ocean. in: Nairn A E M and Stehli F G eds. *Ocean Basins and Margins*, vol 6, *The Indian Ocean*. New York: Plenum Press. 399—450.
- Hallam A and Wignall P B. 1997. *Mass Extinction and Their Aftermath*. Oxford: Oxford University Press. 1—320.
- Hays J D and Pitman W C. 1973. Magnetic lineations in the North Pacific. in: Hays J D. ed. *Geological Investigations in the North Pacific*. Geological Society of America Memoir, No.126. 291—314.
- Kaiho K and Hasegawa T. 1994. End-Cenomanian benthic foraminiferal extinctions and oceanic dysoxic events in the northwestern Pacific Ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 111: 29—43.
- Kennett J P. 1982. *Marine Geology*. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 1—813.
- Mello M R, Koutsoukos E A M and Hart M B. 1989. Late Cretaceous anoxic events in the Brazilian continental margin. *Org. Geochem.*, 14(5): 529—542.
- Raup D M and Sepkoski J J. 1984. Periodic extinctions of families and genera. *Science*, 231: 833—836.
- Robaszynski F and Caron M. 1979. Atlas de foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (Mer Boréale et Téthys). *Cahiers de Micropaléontologie*, (1): 1—185.
- Schlanger S O, Arthur M A, Jenkyns H C and Scholle P A. 1987. The Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event I: Stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine  $\delta^{13}\text{C}$  excursion. in: Brooks J and Fleet A J eds. *Marine Petroleum Source Rocks*. Geological Society of London Special Publication, No.26. Oxford: Blackwell. 371—399.
- Scholle P A and Arthur M A. 1980. Carbon isotope fluctuations in Cretaceous pelagic limestones: potential stratigraphic and petroleum exploration tool. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, (64): 67—87.
- Schoff T J M. 1980. *Paleoceanography*. Cambridge: Harvard University Press. 1—341.
- Shipboard Scientific Party. 1985. Site 548-organic geochemistry. in: de Graciansky P C, Poag C W, et al. eds. *Initial Reports Deep Sea Drilling Project, Leg 80*. Washington: U. S. Govt. Printing Office. 33—122.
- Wan Xiaojiao, Burnett J and Gallagher L. 1993. A preliminary correlation between the Cretaceous calcareous nanofloras and foraminifera of southern Tibet. *Rev. Esp. de Micropaléontologie*, 25(1): 41—56.

## BIO-PALAEOOCEANOGRAPHIC EVENTS NEAR THE CENOMANIAN-TURONIAN BOUNDARY IN TINGRI, SOUTHERN TIBET, CHINA

Zhao Wenjin<sup>1</sup> Wan Xiaoqiao<sup>2</sup>

(1. Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044)

(2. China University of Geosciences, Beijing 100083)

### Abstract

The Middle Cretaceous shallow-sea sediments, represented by a series of light-dark gray marine clastic and carbonate rocks, were well exposed along the Gongzha Section in Tingri, southern Tibet. In those sediments, not only the contents of clay and quartz mineral grains were higher, but also foraminiferal fossils were abundant. The Cenomanian-Turonian boundary, which located between samples 9922 and 9923, was characterized by the first appearance of *Helvetoglobotruncana praehelvetica*. In this locality, 3 obvious evolutionary stages of the upper *R. cushmani* zone, *W. archaeocretacea* zone and the lower *H. helvetica* zone were recognized after the quantitative study on abundance and diversity of foraminiferal fossils, planktonic/benthic and keeled/non-keeled planktonic foraminifera ratios. The characteristics of foraminiferal fauna changed coincide with the bio-palaeoceanographic events near the C/T boundary. During this event, the positive excursion of  $\delta^{13}\text{C}$  and the higher contents of U, Th, K isotope compositions from marine rocks were also remarkable features. All characters from microfossils and geochemistry resulted from a strong eustatic change related to the fast expansion of oceanic ridge.

**Key Words** Bio-palaeoceanographic event, Middle Cretaceous, Tingri, Southern Tibet

### “中国含油气盆地构造学”首发式与学术报告会在北京举行

2002年11月2日,由中国科学院院士李德生等著的《中国含油气盆地构造学》首发式与学术报告会在中国石油勘探开发科学研究院隆重召开。会议由以李德生先生在京学生、中国石油勘探开发科学研究院副院长赵文智教授为主任,陈蟒蛟、刘友元、张兴、何登发等其余在京学生为委员的组委会发起组织。中国石油天然气股份公司总地质师贾承造教授、中国海洋石油公司勘探部总经理朱伟林教授、中国地质科学院任纪舜院士、中国石油勘探开发科学研究院领导、李先生的京内外同事和好友代表、李先生亲自培养的学生弟子代表及他的部分在读硕士、博士研究生近100人参加了会议。

时值李德生院士及夫人朱琪昌教授伉俪80华诞之际,更使会议增添了浓重的喜庆色彩。李德生(Li Desheng)先生是我国著名的石油地质学家,江苏苏州人,1922年10月17日生,现任中国石油天然气股份公司北京石油勘探开发科学研究院总地质师、教授级高级工程师、博士生导师、中国科学院院士和第三世界科学院院士。

李德生先生长期致力于石油勘探开发和地质研究工作。作为大庆油田发现过程中的地球科学工作者之一,他获1982年国家自然科学一等奖。作为主要完成者,他参加研究的“大庆油田长期高产稳产的

(下转第213页)