科 学 通 报
第 39 卷 第 11 期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1994 年 6 月

新疆柯坪地区前寒武系-寒武系界线处碳同位素组成异常及意义*

王大锐 白玉雷 贾承造
(石油勘探开发科学研究院，北京 100083)

关键词 前寒武系、寒武系、碳同位素、地层界线

前寒武系-寒武系界线是地质历史发展中最重要的一条界线，是各种地质学科重点关注的焦点之一，成为碳同位素地层学研究的重要对象．最近，我们在古生物地层学基础上，对新疆柯坪地区前寒武系-寒武系地层界线附近进行了稳定同位素地层学研究，发现了重要的碳同位素组成异常波动．

1 研究区域地质背景

研究区位于塔里木地台西北缘，北邻南天山冒地槽褶皱带和库车山前拗陷，南与北部拗陷区和南部拗陷区接壤，地跨柯坪隆断区和中央隆起两段．

震旦系是本区结束地槽发展阶段以后的第一套沉积盖层．晚震旦世晚期，塔里木地台进入稳定的发展时期，地壳缓慢上升，导致海水渐退，使区内沉积环境由滨海环境向滨岸带及局限台地转化，形成了一套富含藻类的碳酸盐岩建造．震旦纪末期，经柯坪运动，本区曾有小幅度隆起．早寒武世早期，区内地壳再度下沉，形成了新的海浸．下寒武统为最大海侵期沉积产物，均为以碳酸盐岩为主的岩系[1].

柯坪地区的前寒武系(震旦系)至下寒武统地层出露良好，层序齐全，地层界线清楚，古生物地层研究程度较高，是从事同位素地层学研究的理想地区．

2 分 析 方 法

所用样品均为新鲜的、无方解石脉穿过的海相碳酸盐岩，样品沿剖面从老至新等间距采集．用 McCrea(1950) 正磷酸法制取二氧化碳气体后送 MAT-251 同位素质谱仪检测其碳、氧同位素组成，分析精度大于 ±0.2‰，分析结果以 δ 值表示：

$$\delta^{13}C(‰)=\left[\frac{^{13}C/^{12}C\ 样品}{^{13}C/^{12}C\ 标准}-1\right]\times 1000$$

所得 $\delta^{13}C$ 值为 PDB 值．

1993-09-15 收稿，1994-01-25 收修改稿．
*国家"八五"重点科技攻关项目．

3　结果与讨论

柯坪前寒武系(震旦系)-寒武系界线剖面地质概况及同位素分析结果绘于图 1.

可以看出,震旦系奇格布拉克组以富集重碳同位素为特点,在下部 40m 的地层中,$\delta^{13}C$ 值均为正值,波动范围为 5.0 — 7.1 ‰ (图 1 中未标出),在上部地层中,$\delta^{13}C$ 值有所下降,但仍为较高正值,分布范围为 2.5 ‰ ±0.6(图 1).

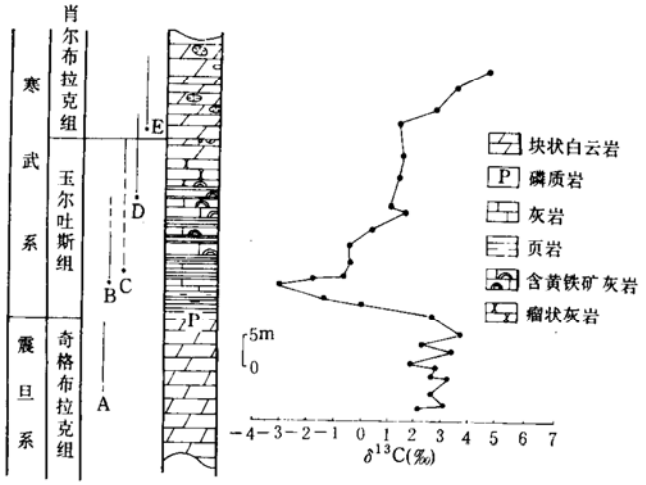

图 1　新疆柯坪前寒武系(震旦系)-寒武系界线剖面碳同位素地层学研究

图中 A 为微古植物 *Lophominuscula sp.*, *Trachyminuscula sp.* 等, B 为小壳动物 *Protohertzina-Hylithellus* 组合, C 为 *Paragloborilus-Cambroclavus* 组合, D 为古介形虫(高肌虫) *Xinjiangella*, E 为三叶虫 *Shizhudiscus* 组合

进入下寒武统玉尔吐斯组后,岩性为浅灰色厚层泥晶灰岩,底部有浅紫色泥岩及灰黑色薄层磷质硅质岩,含小壳动物化石 *Protohertzina*, *Hylithellus* 等. 该组第 4 层即含磷层之上 3m 处的浅灰厚层状泥晶灰岩中,$\delta^{13}C$ 值发生了大幅度下降,从 2.6 ‰ 降至 −3.28 ‰,变化幅度为 5.88‰. 泥晶灰岩的抗风化能力较强,基本上可以保存原始的同位素组成特征. 从肖尔布拉克组开始,$\delta^{13}C$ 值逐渐增大,恢复到 +2‰ — +3‰ 的分布范围,并保持相对稳定.

对于新疆柯坪剖面的前寒武系(震旦系)-寒武系地层界线处的碳同位素研究,可以得出以下初步认识.

3.1　地层学意义

根据古生物地层学研究的结果,中国地层学家对前寒武系 - 寒武系界线点的位置提出了三个划分方案[2].

新疆柯坪剖面微体古生物学研究结果[1](图 1)表明,在玉尔吐斯组下部小壳类化石个体数量少,种类也较单调. 而且,与云南晋宁梅树村剖面的前寒武系 - 寒武系界线划分中 A, B 方案相比较,该剖面发生了梅树村阶小壳动物第一组合 (*Protohertzina* 组合) 和第二组合 (*Paragloborilus* 组合) 混生的现象. 碳同位素组成负异常波动即发生在这一混生带的下部.

在各个研究程度较高的前寒武系(震旦系)-寒武系界线剖面上,$\delta^{13}C$ 值的大幅度下降均发生在寒武系底部的小壳动物出现以后的钙质磷块岩及磷质、硅质岩之上或之间[2]. 所以,可以推断,柯坪剖面玉尔吐斯组下部第 4 层泥晶灰岩中 $\delta^{13}C$ 值负异常应与全球前寒武系 - 寒武系界线层型候选剖面的云南晋宁梅树村剖面寒武系底部梅树村阶大海段第 7 层之底(即 B 方案的分界点)的碳同位素比值下降相当;二者不仅碳同位素地层曲线波动相似,而且 $\delta^{13}C$ 值的下降幅度也相同. 此外,玉尔吐斯组底部的 $\delta^{13}C$ 值负异常还可以与四川麦地坪剖面的麦地坪段(下寒武统底部)第 36 层之底和峡东剖面的天柱山段第 6 层中部的 $\delta^{13}C$ 值负异常相比较[2],可以精确地对比.

与新疆柯坪剖面玉尔吐斯组下部 $\delta^{13}C$ 值负异常相似的碳同位素比值下降的现象还可以在西伯利亚 Dvortsy 剖面、Ulakham-Sulugur 剖面、摩洛哥的 Tiout 剖面以及澳大利亚南部的

Flinders Range剖面上的前寒武系-寒武系地层界线附近找到[2—3]. 以前对玉尔吐斯组的时代归属颇有争议,本研究的结果不仅为柯坪剖面该组的时代划定提供了重要的参考依据,而且还将为这条极为重要的地层界线的大区域乃至全球性对比提供了可能性.

3.2 古生态学意义

除了前寒武系-寒武系界线以外,在二叠-三叠系、白垩-第三系界线处都找到了碳同位素组成的负异常波动,在这些界线处都有大规模的生物绝灭/更迭发生. 强烈的 $\delta^{13}C$ 值负异常能够反映古海洋中有机质产物的迅速减少或者是有机碳的氧化程度增加,而 $\delta^{13}C$ 值的增大则表征着以新型生物为主的生物群落的繁盛[4, 5].

但是,由于不同的生物演化阶段所致,在前寒武系-寒武系界线处的生物灭绝现象与其他的地层界线处的不尽相同,是以进入寒武纪以后,有壳生物大量突然出现为特征的. 根据碳同位素分馏原理,在世界不同地区发现的多处前寒武系-寒武系界线处的碳同位素组成负异常波动似乎可以支持这些假设: (1)在有壳生物大量出现之前的前寒武纪古海洋中也生活着大量的原始软体生物,它们利用氧气和 CO_2 的方式与后来的生物相同或相似;在前寒武纪末期发生了大规模的绝灭事件,所以造成了海相碳酸盐岩中 $\delta^{13}C$ 值的负异常波动. 寒武纪出现的有壳生物正是这次(或数次)绝灭以后繁盛起来的新型生物群落. (2)软体生物有着极强的生命力,在经历了大的灭绝事件以后,仍然有相当多的种群发展,延续到了寒武纪和以后的地质时期,只是由于有壳类生物出现以后大规模的生物搅动和破坏作用才使得软体生物的化石仍然难以保存下来.

总之,新疆柯坪剖面下寒武统玉尔吐斯组底部的碳同位素组成负异常波动可与云南梅树村剖面的小壳动物化石第二组合(*Paragloborilus-Siphogonu-Chitus* 组合)处出现的 $\delta^{13}C$ 值负异常相对比. 同位素地层曲线可以成为潜在的大区域地层对比,尤其是大的地质界线的对比和古生态学研究的工具.

参 考 文 献

[1] 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组, 西北地区区域地层表新疆区分册, 地质出版社, 北京, 1981, 80—105.
[2] 陈锦石等, 科学通报, 1992, **37**(6): 540—542.
[3] Brasier, M. D. *et al.*, *Geol. Mag.*, 1990, **127**(4): 319—332.
[4] Magaritz, M., *Geology*, 1989, **17**: 337—340.
[5] Lambert, I. B. *et al.*, *Nature*, 1987, **325**: 140—142.