

# 贵州寒武系底部碳同位素负异常的 地层学和生物学意义

杨瑞东<sup>1)</sup>, 朱立军<sup>1)</sup>, 王世杰<sup>2)</sup>, 姜立君<sup>1)</sup>, 张位华<sup>1)</sup>, 高慧<sup>1)</sup>

1) 贵州工业大学, 贵阳, 550003

2) 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳, 550002

**内容提要:** 贵州境内早寒武世早期几乎都是黑色页岩沉积。最近在贵州福泉英坪寒武系底部却发现了一套泥岩夹薄层灰岩, 它为研究早寒武世早期海洋地球化学特征提供了条件。贵州福泉英坪前寒武系—寒武系界线附近的碳同位素强烈的负异常特征可与全球同期碳同位素进行对比, 它对应于中国云南会泽小歪头山段底部、蒙古 Tsagaan Oloom 组顶部、西伯利亚 Salarnny Gol 组顶部、美国西南、伊朗、安曼、波兰、纽芬兰、英国、加拿大等地新元古代—寒武纪界线附近的强烈碳同位素负异常, 它可作为划分前寒武系—寒武系界线重要依据。该剖面上碳同位素强烈负异常之下有 8 m 厚的黑色页岩和硅质岩, 在黑色页岩中发现有大量高肌虫和虫管化石, 说明缺氧的黑色页岩沉积期间海洋中有大量的生物生活, 但到了灰绿色泥岩和灰岩互层的碳同位素强烈负异常层段, 则几乎没有生物化石。可以说缺氧事件对前寒武系—寒武系界线附近生物绝灭事件似乎没有很大的影响, 而碳同位素强烈的负异常事件与前寒武系—寒武系界线附近生物大绝灭关系更为密切。

**关键词:** 碳同位素; 生物演化; 前寒武纪—寒武纪界线; 贵州

长期以来, 前寒武系与寒武系界线一直是争论的问题。在我国昆明梅树村剖面上就有 A、B、C 三个界线点 (罗惠麟等, 1994)。1992 年国际地质科学联合会在纽芬兰确定以遗迹化石 *Tretichnus* (*Phycodes*) *pedum* 带作为寒武系开始建立了前寒武系—寒武系界线层型剖面点 (Landing, 1994), 但是, 最近在该剖面前寒武系—寒武系界线层型剖面点 (GSSP) 之下 5 m 处发现了 *Tretichnus* (*Phycodes*) *pedum* 化石 (Gehling et al., 2001), 这对前寒武系—寒武系界线层型剖面点提出了新的挑战, 国际地层委员会寒武系分会也在酝酿新的前寒武系—寒武系界线划分方案和新的层型剖面点 (GSSP)。

碳同位素化学地层在全球前寒武系—寒武系地层划分和对比中已经表明是一个非常有用的工具 (Magaritz et al., 1986, 1991; Brasier et al., 1990, 2000; Brasier, 1992a, 1992b; Knoll et al., 1992; Kaufman et al., 1995, 1996; Shen et al., 1998, 2000a, 2000b; Knoll, 2000; Corsetti et al., 2000a, 2000b; Walter et al., 2000; Melezhik et

al., 2001, 2002)。在扬子地台区寻找前寒武系—寒武系过渡层附近保存有完整的系列碳酸盐岩沉积剖面是研究前寒武系—寒武系界线碳酸盐岩碳同位素重要条件, 沈延安等在云南会泽发现了这样的剖面, 获得的同位素数据可与世界其他地区同位素数据对比, 并提出碳同位素强烈负异常位置与小壳动物首现位置是一致的 (Shen et al., 2000a), 这在前寒武系—寒武系界线新的划分方案和新的层型剖面点 (GSSP) 建立方面具有重要意义。

贵州及其东面地区下寒武统几乎为黑色页岩, 很少有碳酸盐岩。但作者最近在贵州福泉英坪地区发现了寒武系底部保存有完整的碳酸盐岩沉积剖面, 它为我们研究前寒武系—寒武系界线附近碳同位素变化提供了重要材料。而且, 该剖面位于发现动物胚胎和动物化石的陡山沱组磷块岩之上, 黑色页岩中还保存有大量的动物化石, 并可与保存有大量动物化石的清镇、遵义和麻江剖面进行比较, 因此对探讨早期后生生物的演化与海洋环境地球化学变化之间关系有着重要意义。

注: 本文为国家重大基础研究预研项目 (编号 2002CCC02600)、贵州省优秀科技人才基金、国家自然科学基金 (编号 40062001) 和中国博士后科学基金资助。

收稿日期: 2003-12-03; 改回日期: 2004-03-22; 责任编辑: 王思恩。

作者简介: 杨瑞东, 男, 1963年生, 博士, 教授, 博士生导师, 从事地层古生物和地球化学的教学和科研工作。通讯地址: 550003, 贵州贵阳, 贵州工业大学研究生部; Email: yangruidong@21cn.com

## 1 地质特征

本文报道的是贵州福泉英坪剖面的前寒武系—寒武系界线附近的高分辨率碳同位素地层数据。该地区的生物地层和岩石地层以前已经被研究(王砚耕等, 1984), 特别是最近几年在该地区震旦系陡山沱组磷块岩中发现大量的藻类和动物胚胎和动物化石后(Xiao et al., 1998; Li et al., 1998; 袁训来等, 2002a), 地层和古生物学得到更深入的研究。在贵州前寒武系—寒武系界线附近不断有新的古生物化石组合被发现, 这包括遵义寒武系底部牛蹄塘组黑色页岩中的生物组合(赵元龙等, 1999; 杨瑞东等, 1999, 2003)、清镇桃子冲组中的生物组合(杨瑞东等, 2002), 它们的发现对研究寒武纪生命爆发具有一定意义(图 1)。

寒武系底部黑色页岩相中系列生物组合的发现表明, 在水体相对较深的、缺氧的陆棚环境中也有大量的生物繁盛, 它们在贵州黑色页岩中几乎都可以见到(图 2)。黑色页岩中的生物组合以高肌虫动物、海绵动物、管虫、蠕虫动物和藻类化石为主。从区域地层对比分析, 它们是小壳动物群之上的一个新型生物组合, 这在以前是没有发现的。最近, 寒武系底部黑色页岩中生物组合不仅在贵州发现, 而且在下扬子地区寒武系底部的荷塘组中也发现了大量的大型海绵动物化石(Yuan et al., 2002b)。这说明当时海洋缺氧事件没有使生物大量绝灭, 海洋中仍

然有海绵、高肌虫、管虫的藻类繁盛。寒武系底部生物大量绝灭可能发生在黑色页岩之上的层位。为了能在黑色页岩相区找到可以测量海洋碳同位素的剖面, 我们对贵州寒武系底部地层进行广泛的考察, 一方面是在黑色页岩中采集古生物化石, 另一方面是找含有碳酸盐岩层的剖面。2002年, 我们终于在瓮安生物群出露的地区, 福泉市英坪找到了这样理想的剖面。剖面最底部出露陡山沱组磷块岩, 含有大量的藻类化石和分类位置不明的动物化石; 往上为灯影组厚层白云岩; 再往上就是黑色硅质岩, 含有小壳动物化石, 硅质岩厚仅 2 m。在西面的清镇该层之厚 1 m 左右, 在北面的遵义地区硅质岩也只有 0.8 m, 而往东到麻江硅质岩厚度为 3 m, 到湖南和贵州交界的铜仁地区后度达到 20 多米。硅质岩之上为黑色页岩, 黑色页岩底部富含 Mo、Ni、U 等重金属元素, 在重金属层之上往往含有大量的高肌虫动物、海绵动物、管虫、蠕虫动物和藻类化石等, 它们被称为松林生物群和麻江生物群。黑色页岩在遵义、清镇、麻江都比较厚, 达到 20~40 m, 而在福泉英坪剖面厚度最薄, 仅只有 6 m(图 2), 这表明福泉英坪地区当时处在水体比较浅的环境, 因此才有大量的灰岩沉积。

福泉英坪剖面从陡山沱组到灯影组以白云岩为主, 寒武系底部黑色岩系仅厚 8 m, 在黑色页岩中可以发现高肌虫、海绵和管虫动物化石。这个生物组合可与遵义、麻江等地的生物群比较(图 2)。从区域地层对比看, 清镇戈仲伍组磷块岩小壳动物化石群与遵义、麻江和福泉黑色页岩中的生物群层位相当, 戈仲伍组相当于昆明梅树村剖面的中谊村段和四川麦地坪段上部(王砚耕等, 1984)。只是在缺氧的陆棚环境生物群面貌与浅水生物群不同, 浅水区生活大量的小壳动物, 而水体较深的陆棚环境则生活着大量的海绵、高肌虫、管虫和藻类生物。

## 2 实验方法及测试结果

我们采集样品时保持 2 m 一个样品, 共采集样品 22 件。由于灰岩是呈薄层状并夹于黄绿色泥岩中, 有一定的风化作用, 因此, 采样时只采集灰岩层内部未风化部分, 避免其他杂质混入; 由于碳酸盐岩没有被白云岩化, 这对碳同位素测定非常有利。除灯影组采集的两件样品是白云岩外, 其他都为微晶—泥晶灰岩。在碳同位素测试时, 先把样品粉碎成 200 目, 然后在 50°C 条件下用 100% 的磷酸抽提出 CO<sub>2</sub>, 把 CO<sub>2</sub> 气体在 MAT25 质谱仪上完成碳和氧

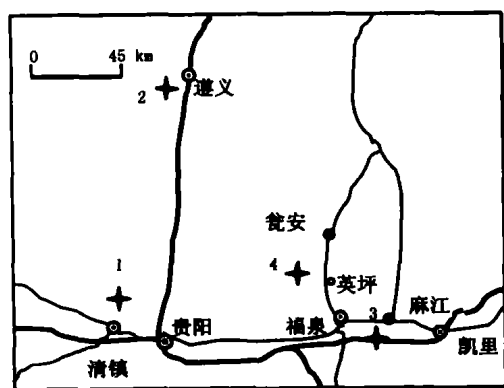


图 1 研究区及剖面位置图

Fig. 1 Section location map for this study in Guizhou

1—清镇桃子冲剖面; 2—遵义松林剖面; 3—麻江羊跳剖面;

4—福泉英坪剖面

1—Taozichong section, Qingzhen County; 2—Songlin section,

Zunyi County; 3—Yangtiao section, Majiang County;

4—Yingping section, Fuquan County

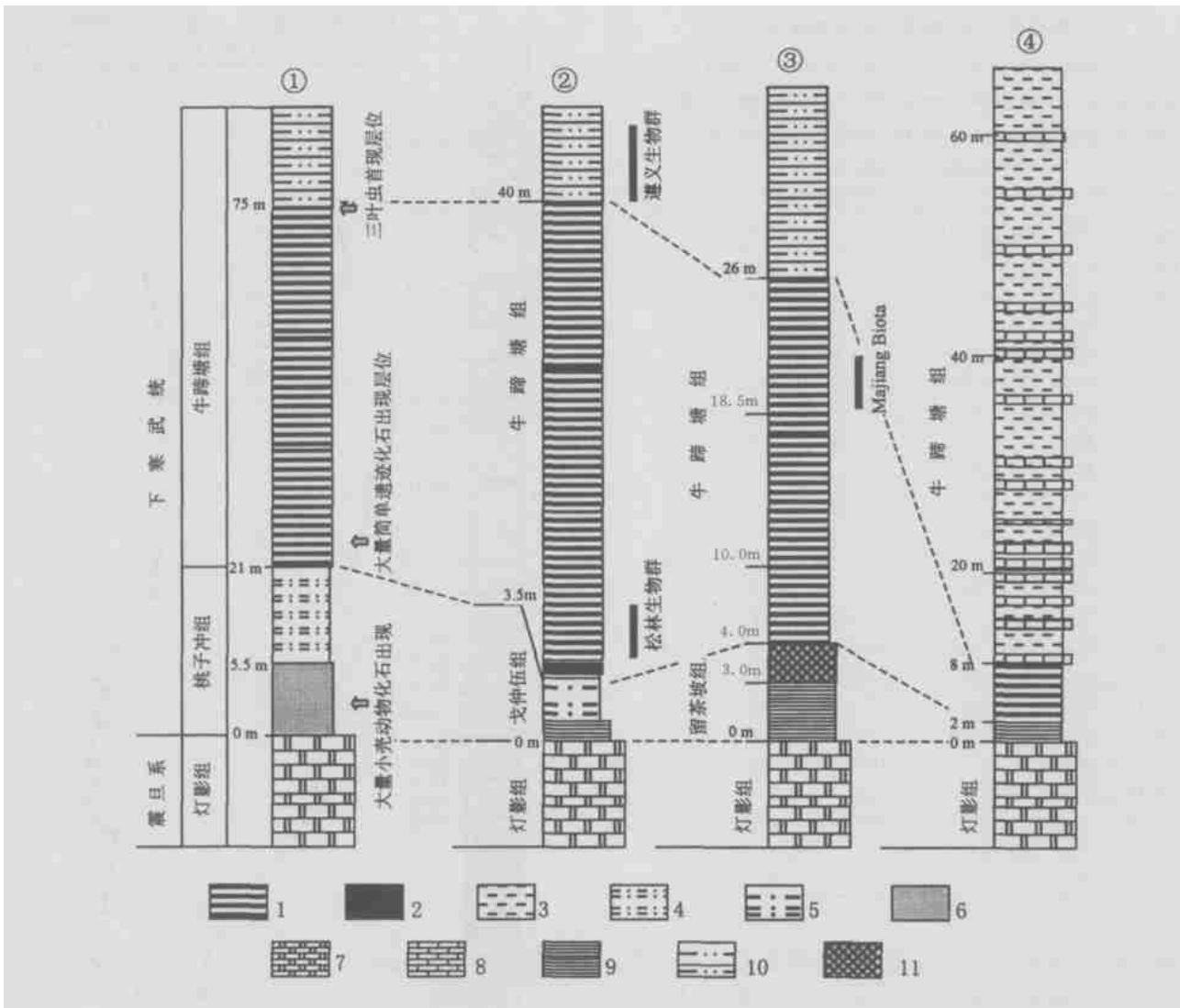


图 2 贵州前寒武纪—寒武纪过渡带地层系统和生物化石组合

Fig. 2 Stratigraphic columns and fossil assemblages of Precambrian-Cambrian transitional beds in Guizhou, China

①—清镇桃子冲剖面;②—遵义松林剖面;③—麻江羊跳剖面;④—福泉英坪剖面

1—黑色页岩; 2—Mo、Ni层; 3—泥岩; 4—粉砂质泥岩; 5—碳质、磷质粉砂质页岩; 6—磷块岩; 7—白云岩; 8—灰岩;  
9—硅质岩; 10—粉砂质页岩; 11—磷质页岩

①—Taozhong section, Qingzhen; ②—Songlin section, Zunyi; ③—Yangtiao section, Majiang; ④—Yingping section, Fuquan

1—black shale; 2—Mo, Ni bed; 3—mudstone; 4—silty mudstone; 5—carbonous and phosphorous silty shale; 6—phosphorite;  
7—dolostone; 8—limestone; 9—siliceous rock; 10—silty shale; 11—phosphorus shale

同位素测定,测定数据采用 PDB标准,分析数据见表 1,测量数据的标准偏差小于 0.02‰。同位素测试在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室 MAT251质谱仪上完成

### 3 贵州福泉英坪震旦系顶部—寒武系底部碳、氧同位素变化特征

同位素测试结果表现在剖面上,可以看到灯影组白云岩具有+ 1.32‰~ + 1.79‰(PDB)的碳同位素特征,这一特征与以前报道的在新元古代末全

球都存在一个+ 1.0‰~ + 2.0‰(PDB)相近,牛蹄塘组灰岩的碳同位素值分布范围在 - 4.43‰~ - 10.25‰(PDB)之间,特别是在 20 m到 40 m层位,碳同位素值很低,在 - 7.01‰~ - 10.25‰(PDB)之间,与新元古代末全球碳同位素值差距较大。在 40 m以上碳同位素值逐渐向正的方向迁移(图 3)

寒武系底部碳同位素强烈负异常现象在我国云南会泽小歪头山段底部、蒙古 Tsagaan Oloom组顶部、西伯利亚 Salarny Go组顶部、美国西南、伊朗、

表 1 贵州福泉英坪震旦系灯影组—寒武系底部

碳酸盐岩碳、氧同位素测试数据

Table 1 Analytical results of carbon and oxygen isotope from limestone and dolomites of Sinian Dengying Formation and the basal Cambrian of Yingping, Fuquan County, Guizhou Province

样品编号	岩性	$\delta^{13}C$ (‰, PDB)	标准误差 $\sigma$	$\delta^{18}O$ (‰, PDB)	标准误差 $\sigma$
YP-02	白云岩	1.796	0.002	-9.290	0.012
YP-01	白云岩	1.322	0.009	-6.660	0.020
YP-1	灰岩	-4.439	0.005	-8.386	0.019
YP-2	灰岩	-5.403	0.011	-6.642	0.008
YP-3	灰岩	-5.647	0.020	-6.545	0.019
YP-4	灰岩	-5.771	0.017	-6.975	0.022
YP-5	灰岩	-7.004	0.003	-6.427	0.020
YP-6	灰岩	-6.853	0.002	-7.204	0.008
YP-7	灰岩	-4.888	0.005	-6.928	0.018
YP-8	灰岩	-8.383	0.007	-5.883	0.029
YP-9	灰岩	-6.706	0.007	-7.434	0.013
YP-10	灰岩	-7.049	0.004	-6.743	0.028
YP-11	灰岩	-8.296	0.009	-7.872	0.024
YP-12	灰岩	-7.018	0.004	-10.188	0.015
YP-13	灰岩	-8.235	0.009	-10.367	0.020
YP-14	灰岩	-8.628	0.013	-11.641	0.013
YP-15	灰岩	-10.258	0.006	-10.961	0.009
P-16	灰岩	-10.072	0.014	-10.667	0.020
YP-17	灰岩	-9.929	0.005	-11.132	0.004
YP-18	灰岩	-7.221	0.007	-9.832	0.009
YP-19	灰岩	-6.841	0.006	-8.321	0.016
YP-20	灰岩	-5.421	0.005	-6.832	0.009

安曼、波兰、纽芬兰、英国、加拿大等地前寒武系—寒武系过渡带都有发现 (Magaritz et al., 1986, 1991; Brasier, 1992; Brasier et al., 1992; Brasier et al., 2000; Knoll, 2000; Knoll et al., 1992; Kaufman et al., 1995, 1996; Corsetti et al., 2000; Corsetti et al., 2000; Shen et al., 1998; Shen et al., 2000; Shen et al., 2000; Walter et al., 2000; Melezhik et al., 2002)。这对划分前寒武系—寒武系界线具有重要意义 (Shen et al., 2000a)。

#### 4 贵州福泉英坪前寒武系—寒武系底部碳同位素曲线与全球对比及地层意义

前寒武系—寒武系的界线层型剖面点已经在纽芬兰以遗迹化石 *Tretichnus (Phycodes) pedum* 带作为寒武系开始建立了前寒武系—寒武系界线层型剖面点 (Landing, 1994), 但最近在该剖面前寒武系—寒武系界线层型剖面点 (GSSP) 之下 5m 处发现

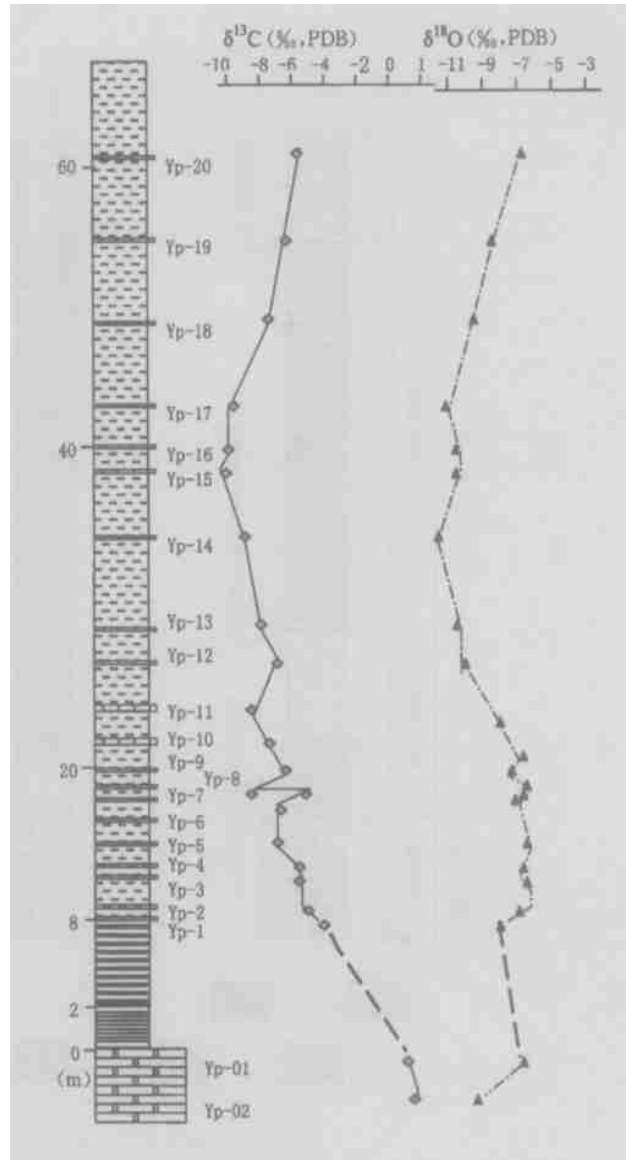


图 3 中国贵州福泉英坪前寒武系—寒武系过渡带碳、氧同位素曲线 (图例见图 2)

Fig. 3 Carbon and oxygen isotope excursion of Pre-Cambrian-Cambrian strata of Yingping, Fuquan County, Guizhou Province, China (Litho-graphs see Fig. 2)

了 *Tretichnus (Phycodes) pedum* 化石 (Gehling et al., 2001), 这对前寒武系—寒武系界线层型剖面点提出了新的挑战, 国际地层委员会寒武系分会也在酝酿新的前寒武系—寒武系界线划分方案和新的层型剖面点 (GSSP)。

我国昆明梅树村剖面是很理想的前寒武系—寒武系界线层型候选剖面, 剖面上有 A B C 三个界线点供选择 (罗惠麟等, 1994)。最近, 沈延安等在云南会泽小歪头山段发现了碳同位素强烈的负异常, 并与国外其他地区进行对比, 提出 A 点适合作为前寒

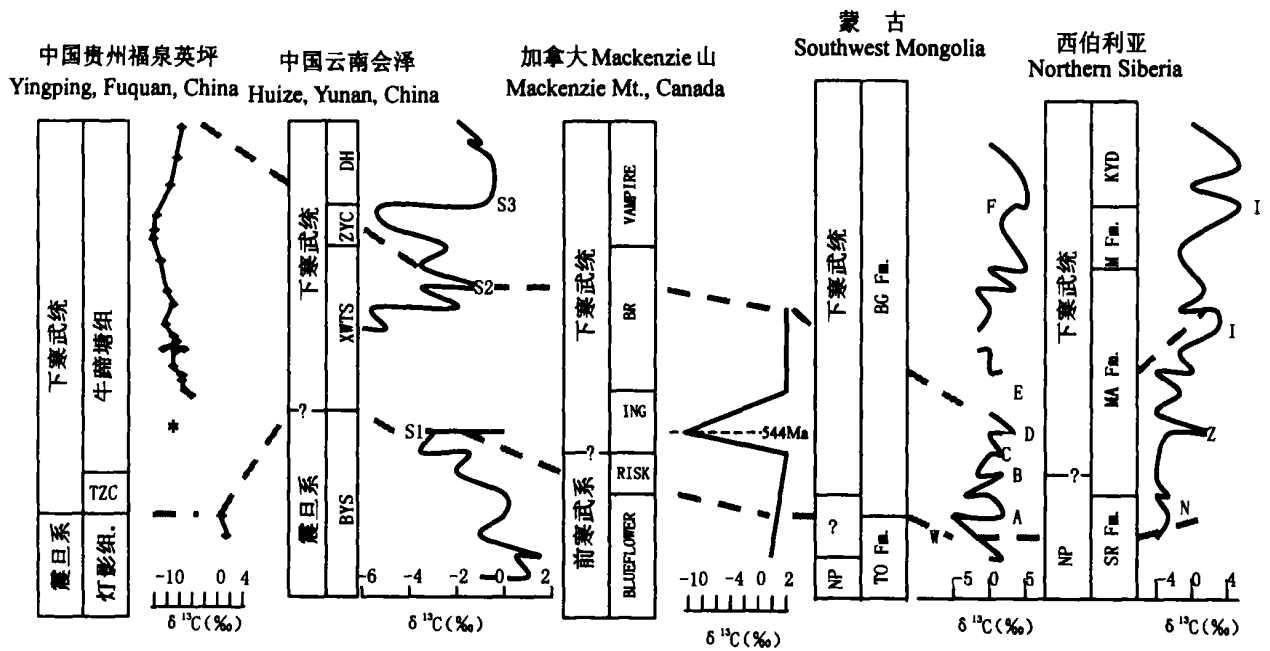


图 4 中国贵州福泉英坪剖面和中国云南会泽、加拿大、蒙古、西伯利亚剖面的碳同位素化学地层对比

Fig. 4 C isotope chemostratigraphy correlation of Yingping section, Fuquan County, Guizhou, China with section in Yunnan, China, section in Mackenzie Mountains, Canada, section in southwest Mongolia and section in northern Siberia. TZC- 桃子冲组; BYS- 白岩峭段; XWTS- 小弯头山段; ZYC- 中谊村组; DH- 大海段; \*- 牛蹄塘组底部生物组合; NP- 前寒武系 TZC- Tao zichong Formation; BYS- Baiyanshao Member; XWTS- Xiaowangtou Member; ZYC- Zhongyicun Formation; DH- Dahai Member; \*- fossil assemblage of the Niutitang Formation; NP- Proterozoic; TO- Tsagaan Oloom; BG- Bayan Gol; SR- Saryarka Rechka; MA- Manykai; M- Medvezhya; KYD- Kyndyn dolostone

武系—寒武系界线层型剖面点 (Shen et al., 2000a)

贵州福泉英坪剖面碳同位素曲线可与其他大陆同期碳同位素变化曲线进行对比,福泉英坪剖面上碳同位素在寒武系底部出现强烈负异常现象,可与西伯利亚 Salarany Gol 组顶部 (Kaufman et al., 1996)、蒙古 Tsagaan Oloom 组顶部 (Brasier et al., 1996)、加拿大 Mackenzie 山 (Narbonne et al., 1995) 和中国云南会泽小歪头山段 (Shen et al., 2000a) 碳同位素对比 (图 4)。

中国贵州英坪寒武系底部碳同位素强烈的负异常与北美加拿大 Mackenzie 山寒武系底部 Ingta 组 (Narbonne et al., 1995, Kaufman et al., 1997) 很相似,碳同位素可达到  $-10\text{‰}$  PDB, 可与中国云南小歪头山段下部 S1 到 S2 之间的碳同位素  $-6\text{‰}$  PDB 负异常对比,与蒙古 Tsagaan Oloom 组顶部 W 的碳同位素  $-6\text{‰}$  PDB 负异常对比,并与西伯利亚 Salarany Gol 组顶部 N 之下的碳同位素  $-5\text{‰}$  PDB 负异常对比 (图 4)。可以说寒武系底部碳同位素强烈负异常在各大陆都存在,而且这一负异常基本上处于

544 Ma 附近 (Walter et al., 2000), 因此,寒武系底部这一强烈的碳同位素负异常是前寒武系—寒武系界线附近一个重要的地球化学特征,它对重新确定前寒武系—寒武系界线层型剖面点具有非常重要的意义。

从生物地层分析,这一强烈的碳同位素负异常位置正好处于云南会泽剖面的前寒武系—寒武系界线候选 A 点和 B 点之间,这与以前划分的寒武系底界基本一致 (Narbonne et al., 1995; Brasier et al., 1996; Kaufman et al., 1997; Corsetti et al., 2000b; Shen et al., 2000a; Walter et al., 2000)。前寒武系—寒武系界线 A 点是小壳动物开始出现的位置, B 点为小壳动物大量出现层位。云南梅树村剖面上也存在  $-6\text{‰}$  PDB 的碳同位素负异常,但层位在中谊村段 (Brasier et al., 1990), 它位于前寒武系—寒武系界线候选 A 点和 B 点之间。

## 5 贵州福泉英坪寒武系底部碳同位素强烈负异常在生物演化上的意义

贵州福泉英坪寒武系底部强烈的碳同位素负异常的发现,不仅可与全球寒武系底部碳同位素负异

常对比,而且它是在扬子地台缺氧黑色页岩相中发现的碳同位素异常现象,这对扬子地台寒武系底部地层对比也具有重要意义。该剖面上碳同位素强烈负异常之下有 8 m 厚的黑色页岩和硅质岩,在黑色页岩中发现有大量高肌虫和虫管化石,说明缺氧的黑色页岩沉积期间海洋中有大量的生物生活,但到了灰绿色泥岩和灰岩互层的碳同位素强烈负异常层段,则几乎没有生物化石。可以说缺氧事件对前寒武系—寒武系界线附近生物绝灭事件似乎没有很大的影响,而碳同位素强烈的负异常事件与前寒武系—寒武系界线附近生物大绝灭关系更为密切。

贵州缺氧黑色页岩相牛蹄塘组黑色页岩底部发现的大量以高肌虫动物、海绵动物、管虫、蠕虫动物和藻类化石为主的生物组合,其位于强烈碳同位素负异常之下,因此,它对应于小歪头山段上部或中谊村段下部的小壳动物群,这一层位就是小壳动物大量繁盛时期。这就说明在浅水区小壳动物大量繁盛同时,在水体较深的陆棚环境也生活着一群特殊的生物群落,主要是大量海绵、高肌虫、管虫、蠕虫动物和藻类。但是,在强烈的碳同位素负异常之后,水体较深的陆棚环境中只保存少量的海绵骨针和藻类化石,其他如高肌虫、管虫、蠕虫动物消失了,一直到相当于梅树村期玉案山段才大量生物出现,这时的生物特征可与澄江动物群对比(杨瑞东等, 2003)。因此,寒武系底部的碳同位素强烈负异常可能隐藏着一次生物绝灭事件,但事件的规模和影响及机理有待进一步研究。

致谢: 研究过程中得到中国科学院南京地质古生物研究所钱逸研究员、中国科学院地质地球物理研究所陈孟莪研究员、中国科学院地球化学研究所欧阳自远院士和董丽敏老师、西北大学舒德干教授等的指导和帮助,在此致以衷心的感谢。

## 参 考 文 献

- 罗惠麟, 蒋志文, 唐良栋. 1994. 中国下寒武统建阶层型剖面. 昆明: 云南科技出版社, 1-183.
- 王砚耕, 尹恭正, 郑淑芬, 等. 1984. 贵州上寒武系及震旦系—寒武系界限. 贵阳: 贵州人民出版社, 1-230.
- 杨瑞东, 赵元龙, 郭庆军. 1999. 贵州早寒武世早期黑色页岩中藻类化石及古环境意义. 古生物学报, 38(增刊): 145-156.
- 杨瑞东, 陈孟莪, 赵元龙. 2002. 贵州中部寒武系底部生物化石新发现. 自然科学进展, 12(2): 226-229.
- 杨瑞东, 张位华, 姜立君, 等. 2003. 澄江生物群分子在贵州遵义牛蹄塘组发现. 地质学报, 77(2): 145-150.
- 袁训来, 肖书海, 尹磊明, 等. 2002a. 陡山沱期生物群——早期动物辐射前夕的生命. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1-171.
- 赵元龙, Michael Steiner, 杨瑞东, 等. 1999. 贵州遵义下寒武统牛蹄塘组早期后生生物群的发现及重要意义. 古生物学报, 38(增刊): 132-144.

## References

- Brasier M D, Magaritz M, Corfield R, Luo Huilin, et al. 1990. The carbon- and oxygen-isotope record of the Precambrian-Cambrian boundary interval in China and Iran and their correlation. *Geol. Mag.*, 127: 319-332.
- Brasier M D. 1992a. Global ocean-atmosphere change across the Precambrian-Cambrian transition. *Geol. Mag.*, 129: 161-168.
- Brasier M D. 1992b. Nutrient-enriched waters and the early skeletal fossil record. *J. of the Geological Soc. London*, 149: 621-629.
- Brasier M D, Shields G. 2000. Neoproterozoic chemostratigraphy and correlation of the Port Askaig glaciation, Dalradian Supergroup of Scotland. *Journal of the Geological Society, London*, 157: 909-914.
- Corsetti F A, Awramik S M, Hecce D, Kaufman A J. 2000a. Using chemostratigraphy to correlate and calibrate unconformities in Neoproterozoic strata from the Southern Great Basin of the United States. *International Geology Review*, 42: 516-533.
- Corsetti F A, Hagadorn J W. 2000b. Precambrian-Cambrian transition Death Valley, United States. *Geology*, 28(4): 299-302.
- Gehling J G, Jensen S, Droser M L, Myrow P M, Narbonne G M. 2001. Borrowing below the basal Cambrian GSSP, Fortune Head, Newfoundland. *Geol. Mag.*, 138(2): 213-218.
- Kaufman A J, Knoll A H. 1995. Neoproterozoic variations in the carbon isotopic composition of seawater: stratigraphic and biogeochemical implications. *Precambrian Research*, 73: 27-49.
- Kaufman A J, Knoll A H, Semikhatov M A, Grotzinger J P, et al. 1996. Integrated chronostratigraphy of Proterozoic-Cambrian boundary beds in the western Anabar region, northern Siberia. *Geol. Mag.*, 133: 505-553.
- Kaufman A J, Knoll A H, Narbonne G M. 1997. Isotopes, ice ages, and terminal Proterozoic earth history. *National Academy of Science Proceedings*, 94: 6600-6605.
- Knoll A H, Walter M R. 1992. Late Proterozoic stratigraphy and Earth history. *Nature*, 356: 673-678.
- Knoll A H. 2000. Learning to tell Neoproterozoic time. *Precambrian Research*, 100: 3-20.
- Landing E. 1994. Precambrian-Cambrian boundary ratified and a new perspective of Cambrian time. *Geology*, 22: 179-182.
- Li Chiawei, Chen Junyuan, Hua Tzuen. 1998. Precambrian sponges with cellular structures. *Science*, 279: 879-882.
- Luo Huilin, Jiang Zhiwen, Tang Liangdong. 1994. Stratotype section for Lower Cambrian Stages in China. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1-183 (in Chinese with English abstract).

- Maganitz M, Holser W T, Kirschvink J L. 1986. Carbon-isotope events across the Precambrian/Cambrian boundary on the Siberian platform. *Nature*, 320: 258~ 259.
- Maganitz M, Kirschvink J L, Latham A J, Zhuravlev A Y, Rozanov A Y. 1991. Precambrian/Cambrian boundary problem: Carbon isotope correlations for Vendian and Tommotian time between Siberia and Morocco. *Geology*, 19: 847~ 850.
- Melezhik V A, Gorokhov I M, Kuznetsov A B, Fallick A E. 2001. Chemostratigraphy of the Neoproterozoic carbonates: implications for blind dating. *Terra Nova*, 13: 1~ 11.
- Melezhik V A, Gorokhov I M, Fallick A E, Roberts D, et al. 2002. Isotopic stratigraphy suggests Neoproterozoic ages and Laurentian ancestry for high-grade marbles from the North-Central Norwegian Caledonides. *Geol. Mag.*, 139(4): 375~ 393.
- Narbonne G M, Aitken J D. 1995. Neoproterozoic of the Mackenzie Mountains northern Canada. *Precambrian Research*, 73: 101~ 121.
- Shen Y, Zhao R, Chu X, Lei J. 1998. The carbon and sulfur isotope signatures in the Precambrian-Cambrian transition series of the Yangtze Platform. *Precambrian Research*, 89: 77~ 86.
- Shen Y, Schidlowski M. 2000a. New C isotope stratigraphy from southwest China: Implications for the placement of the Precambrian-Cambrian boundary on the Yangtze Platform and global correlations. *Geology*, 28(7): 623~ 626.
- Shen Y, Schidlowski M, Chu Xuelei. 2000b. Biogeochemical approach to understanding phosphogenic events of the terminal Proterozoic to Cambrian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158: 99~ 108.
- Walter M R, Veivers J J, Calver C R, Gorjan P, Hill A C. 2000. Dating the 840~ 544 Ma Neoproterozoic interval by isotopes of strontium, carbon, and sulfur in seawater, and some interpretative models. *Precambrian Research*, 100: 371~ 433.
- Wang Yangeng, Yin Gongzheng, Zheng Shufeng, et al. 1984. The Upper Precambrian and Sinian-Cambrian boundary in Guizhou, Guiyang. *Guizhou People's Public House*, 1~ 230 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Shuhai, Zhang Yun, Knoll A H. 1998. Three-dimensional preservation of algae and animal embryos in a Neoproterozoic phosphorite. *Nature*, 291: 553~ 558.
- Yang Ruidong, Zhao Yuanlong, Guo Qingjun. 1999. Algae and acritarchs and their paleoceanographic significance from the early Early Cambrian black shale in Guizhou, China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 38(sup): 145~ 156 (in Chinese with English abstract).
- Yang Ruidong, Chen Meng'e, Zhao Yuanlong. 2002. New discovery of bio-fossils at the bottom of the Cambrian of central Guizhou. *Progress in Natural Science*, 12(2): 226~ 229 (in Chinese).
- Yang Ruidong, Zhang Weihua, Jiang Lijun, et al. 2003. Members of the Chengjiang Biota from the Lower Cambrian Niutitang Formation, Zunyi County, Guizhou Province, China. *Acta Geologica Sinica*, 77(2): 145~ 150 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Xunlai, Xiao Shuhai, Yin Leiming, et al. 2002a. Doushantuo fossils: life on the Eve of animal radiation. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 1~ 171 (in Chinese).
- Yuan Xunlai, Xiao Shuhai, Parsley Ronald L, Zhou Chuanming, Chen Zhe, Hu Jie. 2002b. Towering sponges in an Early Cambrian Lagerstätte: Disparity between nonbilaterian and bilaterian epifaunal tierers at the Neoproterozoic-Cambrian transition. *Geology*, 30: 363~ 366.
- Zhao Yuanlong, Michael Steiner, Yang Ruidong, et al. 1999. Discovery and significance of the Early metazoan biotas from the Lower Cambrian Niutitang Formation Zunyi, Guizhou, China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 38(sup): 132~ 144 (in Chinese with English abstract).

## Negative Carbon Isotope Excursion in the Base Cambrian of Guizhou Province, China: Implication for Biological and Stratigraphical Significance

YANG Ruidong<sup>1)</sup>, ZHU Lijun<sup>1)</sup>, WANG Shijie<sup>2)</sup>, JIANG Lijun<sup>1)</sup>, ZHANG Weihua<sup>1)</sup>, GAO Hui<sup>1)</sup>

1) *Guizhou University of Technology, Guiyang, 550003*

2) *The state Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, the Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002*

### Abstract

The black shale is widely and mostly in the base Cambrian of Guizhou Province. Therefore, to study the carbon isotope excursions on Neoproterozoic-Cambrian boundary in Guizhou Province for geologist is difficult. Then, the 60 m thick base Cambrian consisting of mudstone interbedded thin limestone was discovered recently in Yingping, Fuquan County, Guizhou Province. This discovery is beneficial to study the ocean environment of the early Cambrian.

The notable negative C isotope excursion on Neoproterozoic-Cambrian boundary in Yingping,

Fuquan County, Guizhou Province compares with the most continuous C isotope chemostratigraphy from the Xiaowaitoushan Member of the Laolin section in Lunaqian village, Huize County, northern Yunnan Province, southwest China, and that from the upper Tsagaan Oloom Formation of southwest Mongolia, and that from the upper Salarnny Gol of northern Siberia, and that from Mackenzie Mt. Canada, and that from Iran, Oman, Poland and Britain. The notable negative carbon isotope excursion has been shown to be a powerful tool for the global division and correlation of Neoproterozoic– Cambrian boundary.

The notable negative C isotope excursion in Yingping section, Fuquan County, Guizhou Province, which is located at 20 m thick succession over the Dengying dolostone, then, between this notable negative C isotope excursion and the Dengying dolostone has 8 m thick black shale and siliceous rocks bearing abundant *Bradorida* and *Priapulida* fossils, it is shown that ocean animals were thriving while the black shale and siliceous rocks deposited, but the grey-green mudstone interbedded thin limestone with notable negative C isotope upon the black shale and siliceous rocks is deficient in fossils, and it is shown that mass extinct event at the Neoproterozoic– Cambrian closely relate to this global negative C isotope excursion, but not oxygen-deficient event.

**Key words** Carbon isotopic; radiation; Proterozoic– Cambrian boundary; Guizhou; China

### 辽西早白垩世一新梳颌翼龙类化石

董枝明<sup>1)</sup>, 吕君昌<sup>2)</sup>

1) 吉林大学古生物学及地层学研究中心, 长春 130026; 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京, 100044  
2) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

根据发现于辽宁省西部下白垩统九佛堂组的一近乎完整的梳颌翼龙类下颌, 确立了一新属新种: 短颌辽西翼龙 *Liaopterus brachyognathus* gen. et sp. nov. 短颌辽西翼龙以它前部扩张的下颌缝合部, 左右第四齿槽间的距离最宽等特征不同于发现于辽西及其周边地区任何具有头骨保存的翼龙类, 基于其扁宽的下颌吻端, 牙齿大小分异小及短的下

颌缝合部, 把它归入梳齿翼龙类, 短颌辽西翼龙以其较少的牙齿数目区别于其他梳齿翼龙, 它不同于其他下颌缝合部前端扩张的鸟手翼龙类, 比如 *Anhanguera piscator*, *Coloborhynchus robustus*. 前者的牙齿大小和形状变化不那么大。

### 辽西早白垩世一新的鸟掌龙类化石

吕君昌, 季强

中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

根据发现于辽宁省西部下白垩统义县组的一近乎完整翼龙骨架, 确立了鸟掌龙类一新属新种: 崔氏北方翼龙 *Boreopterus cuiiae* gen. et sp. nov. 崔氏北方翼龙以其数量多的牙齿, 且前部的九对牙齿大于后部的牙齿, 上下颌的第四对牙齿稍微大于第三对等特征不同于辽西及其周边地区

所发现的任何具有头骨保存的翼龙类。总的来说, 它的牙齿大小和形状的变化不及变化很大的其他鸟掌龙类如 *Anhanguera piscator* 和 *Coloborhynchus robustus* 这一新分类单元与其它鸟掌龙类共有相对大的第三和第四对牙齿。

### 中国辽西早白垩世侯氏红山龙(恐龙: 鸚鵡嘴龙科)一成年个体标本

尤海鲁<sup>1)</sup>, 徐星<sup>2)</sup>

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037; 2) 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京, 100044

本文记述了发现于辽西下白垩统义县组陆家屯的一完整恐龙头骨及下颌。它代表侯氏红山龙 (*Hongshanosaurus hou* You, Xu et Wang, 2003) 一成年个体。比较研究表明红

山龙, 作为鸚鵡嘴龙科的第二个属, 与鸚鵡嘴龙属区别于具有较长的吻部 (约头骨长的一半), 和椭圆形且长轴指向背下方的外鼻孔, 眼眶和下颞孔。