

文章编号: 1009-3850(2003)02-0009-05

藏南岗巴地区上白垩统海相碳酸盐岩碳稳定同位素研究

崔杰, 王成善

(成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要: 本文对藏南岗巴地区上白垩统海相碳酸盐岩的碳稳定同位素组成特征及变化趋势进行了研究, 对比分析了藏南其它地区及欧洲同时代地层, 认为岗巴地层的碳稳定同位素的记录很好地响应了白垩纪期间全球性的缺氧事件。通过对岗巴地区岩石地层学及区域环境的分析说明, 全球性的海平面升降及板块运动造成了大洋溶解氧含量的波动是碳稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值偏移的根本原因。

关键词: 碳稳定同位素; 白垩纪; 碳酸盐岩; 岗巴; 藏南

中图分类号: P597⁺. 2

文献标识码: A

1 前言

晚中生代是地球演化历史的重要时期, 发生了许多重大的构造、生物以及大洋的突变事件, 相关的事件及其成因也是当前许多国家地球学界研究的主要方向之一。从特提斯域来看, 欧洲阿尔卑斯地区位于特提斯西部, 而西藏则对应于特提斯构造域的东端。早在20世纪初, 英国人 Hayden (1907) 即对藏南的岗巴和堆纳地区白垩纪—第三纪生物地层有过阐述。50年代以来, 包括我国在内的多国科学家对该区域进行了系统研究, 取得大量新的认识和研究成果。西藏喜马拉雅地区完好保存了我国唯一的白垩纪—古近纪古海洋事件沉积, 是研究海相白垩纪地层的理想地区, 全球性的古海洋事件及气候变迁应该可以在该地区地层中找到响应。因此, 研究该区相关的古海洋事件对了解和揭示特提斯洋的白垩纪演化过程有着重要意义。本文通过研究藏南晚白垩世地层稳定同位素地球化学的变化旋回, 来反映和说明该时期的全球变化及古海洋事件。

2 地质概况

研究区隶属特提斯-喜马拉雅南带^[1]。南带的晚白垩世地层为一套浅海陆棚相沉积, 沿喜马拉雅山北缘呈近东西向展布约400km, 南北宽30~50km, 在白垩纪时期属于印度板块北缘被动大陆边缘盆地, 其中以岗巴宗山和贡扎剖面最为典型。

岗巴宗山剖面位于岗巴县岗巴村口东南方250m处, 剖面总长约2000m。岩层倾向东北, 由西南至东北地层由老到新。对特提斯-喜马拉雅南带白垩系沉积相的研究以余光明、王成善^[1]以及Willems^[2]等为代表。特提斯-喜马拉雅南带出露的晚白垩世地层包括冷青热组、岗巴村口组及宗山组。

(1) 冷青热组。该组最早由文世宣(1974)命名, 系察且拉组上部, 厚度约57m, 岩性为一套深灰色至黑色泥页岩为主, 夹有薄层瘤状灰岩、灰岩透镜体及钙质泥岩、粉砂岩。地层产菊石、双壳类及有孔虫等化石。底部与下伏的下白垩统察且拉组连续沉积。时代为晚白垩世赛诺曼期—早土仑期, 属碳酸盐与陆缘碎屑混合的外陆棚沉积环境。

(2) 岗巴村口组可分为两段。下段厚约110m, 岩性为黄绿色页岩夹薄层灰岩及泥灰岩, 时代为土

仑期中晚期;上段厚约51m,岩性为一套页岩与灰岩、泥灰岩的互层,时代为康尼亚克期—三冬期。地层产菊石、双壳类、有孔虫及海胆等化石。属碳酸盐与陆缘碎屑混合的外陆棚-内陆棚的过渡沉积环境。

(3)宗山组可分成两段。下段厚约62m,岩性为微晶灰岩夹泥灰岩,时代为坎潘期;上段厚约164m,时代为马斯特里赫特期,岩性为生物碎屑灰岩或粒泥灰岩,与上覆第三系的基堵拉组整合接触。本组地层含化石丰富,有菊石类、双壳类、腹足类、海胆、珊瑚、藻类、介形虫及有孔虫等。属碳酸盐陆棚的缓坡-深缓坡的沉积环境。

3 采样及分析

3.1 样品采集

岗巴地区白垩纪地层沉积连续,并无明显的诸如断层的构造破坏,生物化石保存完好。泥岩的钙质含量高,从14.8%到70.88%,平均达到20%~40%^[3],对稳定同位素地层学的研究较为有利。本次研究借鉴了先前的国内学者对岗巴宗山剖面生物及岩石地层学的研究成果^[3,4]。

岗巴地区晚白垩世地层生物化石,特别是有孔虫丰富,是进行全球和区域性地层对比的重要证据^[5]。前人对岗巴宗山剖面的有孔虫及钙质超微化石的研究较为细致,建立了较为完整的生物地层系统^[3,6,7]。岗巴宗山剖面上白垩统赛诺曼阶见化石带 *Rotalipora greehorensis*, *R. reicheli*, *R. cushmani*, 与土仑阶的界线以 *Helvetoglobotruncana prohelvetica* 的出现为标志;土仑阶见化石带 *Hedbergella helvetica*, *Marginotruncana sigali*。土仑阶/康尼亚克阶界线以 *Dicarinella primitiva* 的始现面来划分^[8]。康尼亚克阶为 *Dicarnella primitiva* 带,康尼亚克阶/三冬阶为 *Dicarinella concavata* 带。坎潘阶/马斯特里赫特阶的界线以 *L. O. G. stuartiformis* 为标志。

所有的样品均在未经构造破坏的区段连续采集。按照钙质含量高、成岩蚀变弱的要求从新鲜露头位置取样,采样密度控制在米级内,事件层附近加大至分米级。主要样品来自冷青热组和岗巴村口组;而宗山组内取样则较零星,主要用做对比分析。

3.2 室内分析

1. 成岩作用

本区所采样品的岩性差异不大,主要以微晶灰岩、泥灰岩及钙质页岩为主。对样品成岩作用的分析是通过薄片鉴定及阴极发光实验为依据进行判

定。样品的薄片镜下观察发现,薄片中方解石矿物的重结晶程度不高。从阴极发光结果观察到薄片的发光程度普遍偏低,颜色以暗红色居多,显示出Fe/Mn比值较低。可以认为,该地层碳酸盐岩虽然受一定程度成岩作用的影响,但是对于碳稳定同位素的测试要求还是相对可靠的。

2. 碳稳定同位素的测试

按照要求,挑选出共38块样品进行全岩的碳稳定同位素测试。分析过程如下:样品先经过碎样处理,要求每个样品重量不少于10g,并尽量剔除样品中蚀变部分及大化石的壳体,最后研磨至200目左右。去除有机质后选适量(毫克级)粉末样置于MAT-252气体同位素质谱仪真空系统中,与纯磷酸反应,冷却后分离出纯净的CO₂气体,用以进行测试。测试要求碳同位素标准偏差不大于0.04‰。所有同位素分析数据统一为PDB标准。实验由上海同济大学海洋地质重点实验室完成。

3.3 测试结果

从藏南岗巴宗山剖面上白垩统的稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 的测试结果(表1,图1)。可以得出,整个剖面上白垩统地层的 $\delta^{13}\text{C}$ 的最大值为3.489‰,最小值为-0.185‰,平均值为1.795‰。

$\delta^{13}\text{C}$ 值曲线的变化总体呈低—高一低的旋回态势。在赛诺曼期中期后, $\delta^{13}\text{C}$ 总体保持在1‰左右,上下浮动为0.2‰左右。在赛诺曼期/土仑期界线之后, $\delta^{13}\text{C}$ 值开始出现快速的正向偏移,在土仑期早期达到峰值,偏移值达2.901‰。在土仑期早期, $\delta^{13}\text{C}$ 值正偏缓慢回落后, $\delta^{13}\text{C}$ 曲线又逐渐下降,并且在土仑期的后期出现一次较大的负偏,其负偏最小值为-0.185‰。整个土仑阶 $\delta^{13}\text{C}$ 值平均较赛诺曼阶要高约1‰。在康尼亚克—三冬期间, $\delta^{13}\text{C}$ 值也存在一次明显的正向偏移, $\delta^{13}\text{C}$ 最大值为3.489‰,偏移量是1.820‰(图1)。而在三冬期后期,则出现了 $\delta^{13}\text{C}$ 值的负偏, $\delta^{13}\text{C}$ 值最小值0.551‰。另外,在马斯特里赫特期的中期也出现一次较强负偏。因此,岗巴宗山剖面地层从赛诺曼—马斯特里赫特期可以分别识别出几次明显的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的旋回变化。

4 讨论

4.1 碳稳定同位素组成的受控因素

海相碳酸盐岩碳稳定同位素组成受多种因素控制,主要有大洋生产率、陆源物质、海洋-大气同位素交换等,生物的生命效应在其中起主要作用。在成

表1 碳稳定同位素数据表

Table 1 Carbon stable isotopic data for the Upper Cretaceous strata of the Zongshan section in Gamba

序号	岩性	距底/m	$\delta^{13}C/‰$
1	有孔虫灰岩	381	1.886
2	有孔虫灰岩	364	0.975
3	生物颗粒灰岩	344	-0.028
4	生物灰岩	290	2.751
5	生物颗粒灰岩	220	3.115
6	泥灰岩	214	1.728
7	微晶灰岩	206	0.989
8	钙质页岩	196	1.654
9	钙质页岩	184	3.489
10	微晶灰岩	174	3.058
11	微晶灰岩	167	2.023
12	钙质页岩	153	1.238
13	钙质页岩	143	1.441
14	钙质页岩	141	1.042
15	泥晶灰岩	139	-0.185
16	钙质页岩	128	0.508
17	钙质页岩	116	0.857
18	钙质页岩	114	1.836
19	钙质页岩	102	2.008
20	微晶灰岩	91	2.203
21	钙质页岩	80	2.448
22	钙质页岩	66	3.273
23	微晶灰岩	60	2.386
24	微晶灰岩	58.5	2.494
25	钙质页岩	56	1.972
26	微晶灰岩	57	2.472
27	钙质页岩	56	1.972
28	钙质页岩	52	1.237
29	钙质页岩	51	1.352
30	钙质页岩	50	0.372
31	钙质页岩	48	0.903
32	钙质页岩	47	0.801
33	泥灰岩	46.8	0.572
34	钙质页岩	44	0.692
35	泥灰岩	40.5	0.909
36	钙质页岩	28.7	0.992
37	钙质页岩	18	0.986
38	钙质页岩	1	0.892

注: 测试类型为全岩。

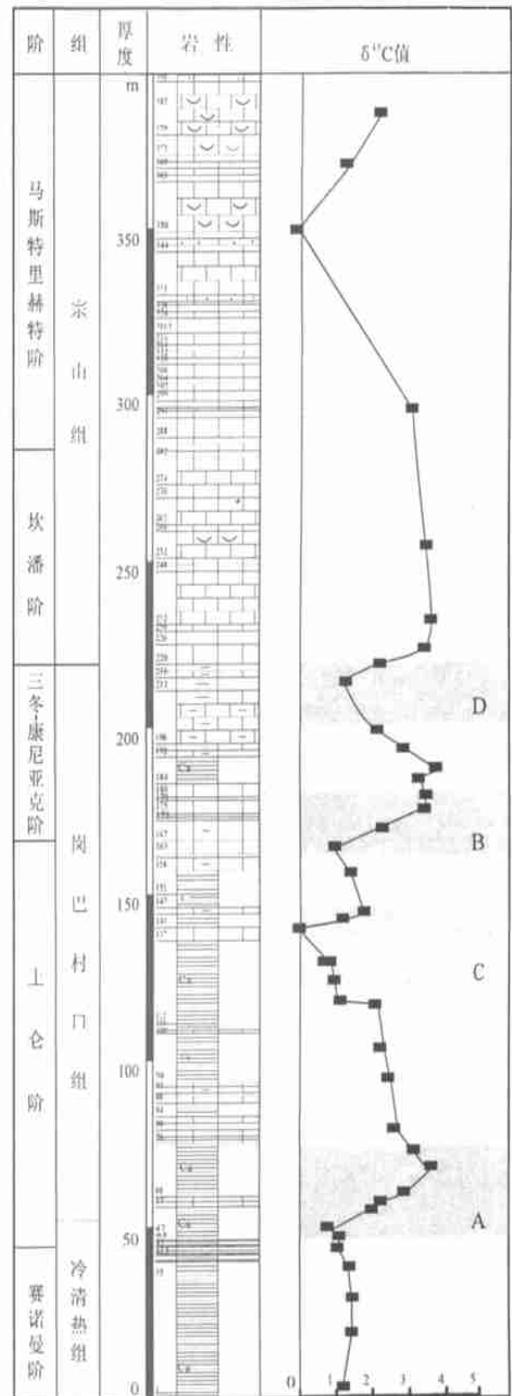


图1 岗巴宗山剖面碳稳定同位素曲线图

Fig. 1 Carbon stable isotopic curves for the Zongshan section in Gamba

岩过程中碳同位素的分馏机理主要是两方面: (1) $CO_2 + HCO_3^-$ 体系中的碳同位素交换; (2) 光合作用过程中的动力学效应, 使残余的 CO_2 富集 ^{13}C , 有有机物富集 ^{12}C 。有机物在沉积氧化后释放出富 ^{12}C 的 CO_2 到海水中, 使海水的碳稳定同位素达到一种平衡状态。

正常的海相碳酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 值一般在 $0 \pm 2\%$ ^[5],但在不同的地质时代交界的层位经常发现存在有 $\delta^{34}\text{S}$ 值的正负异常。研究海相碳酸盐岩的 $\delta^{34}\text{S}$ 的变化规律与地质年代之间的关系,特别是在地质时代界线附近的突变,不但能以 $\delta^{34}\text{S}$ 值作为地层划分的标志,并可依此来划分地质时期海水氧化环境的变迁。

4.2 稳定同位素偏移的成因解释

岗巴地区上白垩统具有的 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化特征显示,该地层代表的时期内存在着几次变化强烈的地质事件,特别是大洋缺氧事件。在白垩纪期间共发生5次全球性的大洋缺氧事件,赛诺曼—马斯特里赫特期发生了两次——C/T界线缺氧事件(OAE2)及康尼亚克—三冬期缺氧事件(OAE3)。如前所述,岗巴地区在赛诺曼末期到土仑早期, $\delta^{34}\text{S}$ 值出现2.901‰的正偏,对应了OAE2(图1A)。但是曲线的峰值并非在C/T界线上,而是位于土仑早期。造成与经典曲线趋势稍不吻合的原因可能有两方面的因素:一个是生物和岩石单元的界线位置不确定;第二个可能是样品采集过程中出现的误差。 $\delta^{34}\text{S}$ 值在康尼亚克—三冬期间出现了1.82‰的正偏,对应

了OAE3(图1B)。此外在土仑中期以及三冬后期均出现明显的负偏,其 $\delta^{34}\text{S}$ 最小值分别达到-0.185‰和0.551‰。 $\delta^{34}\text{S}$ 曲线变化与先前的藏南剖面 $\delta^{34}\text{S}$ 曲线以及欧洲西特提斯地区同时代的 $\delta^{34}\text{S}$ 曲线对比均显示出较好的全球一致性变化(图2)。

大洋缺氧期间,大规模海侵和温暖气候下具高生产率的生物不断沉降到海底时消耗了大量的溶解氧。由于海水中溶解氧含量低,生物死亡后容易保存,阻止了¹²C向无机碳库的正常循环,因而海水中¹³C在溶解的无机碳中富集,同期的海相碳酸盐岩 $\delta^{34}\text{S}$ 发生正向偏移。并且藏南地区在白垩纪缺氧时期属于碳酸盐与陆缘碎屑混合沉积的陆棚区,陆源有机物的快速沉降消耗了大量的溶解氧,加剧了海水的缺氧状况。同时,白垩纪属于火山多发期,全球性频繁的海底火山作用喷发出大量的富¹³C的CO₂气体溶于海水中,使得海水 $\delta^{34}\text{S}$ 值进一步升高。因此,上述各因素叠加的效果使该时期海相碳酸盐岩的 $\delta^{34}\text{S}$ 值发生正向偏移。

另外,除了各 $\delta^{34}\text{S}$ 值曲线的正偏对应了两次大

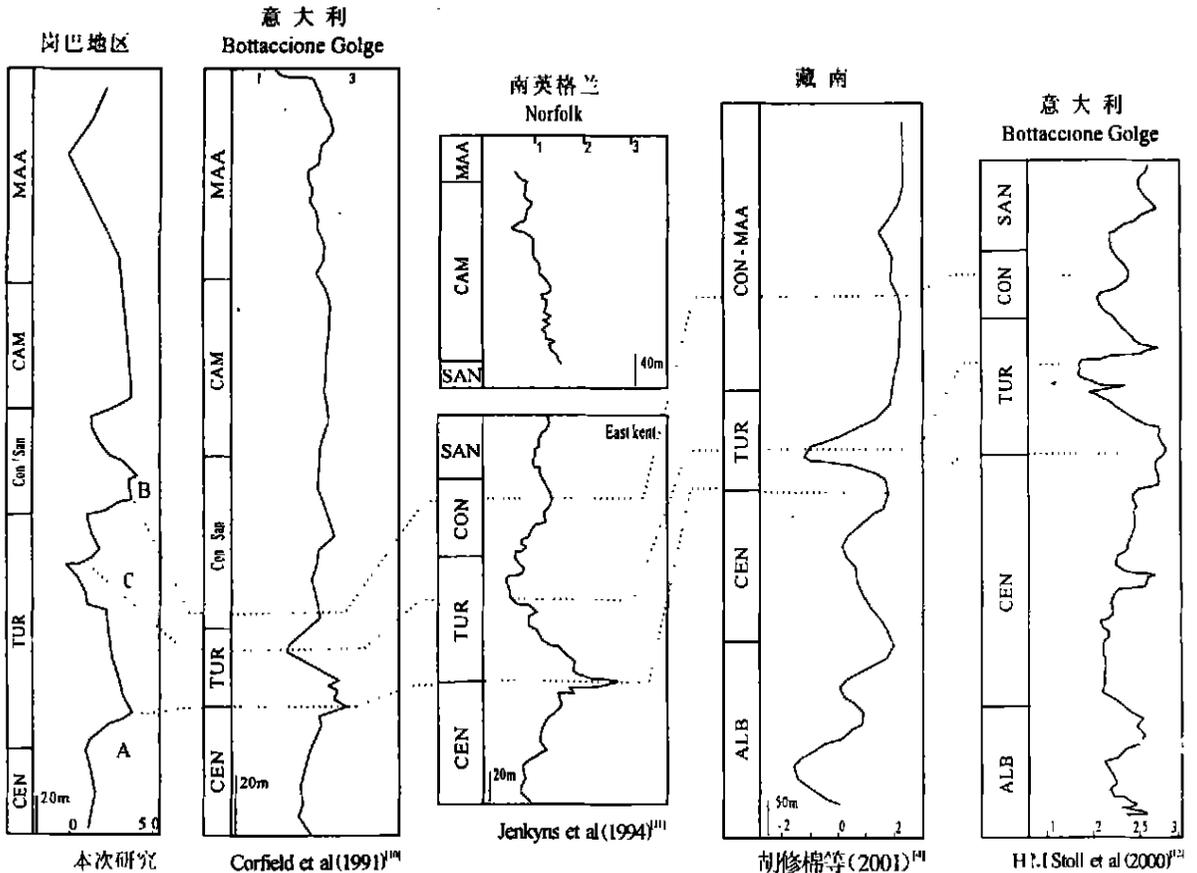


图2 岗巴宗山、藏南及欧洲同时代海相地层的碳稳定同位素对比

Fig. 2 Carbon stable isotopic correlation of the coeval marine strata in Zongshan, southern Xizang and Europe

洋缺氧事件外,在土仑中期及三冬期, $\delta^{13}\text{C}$ 值还出现了两次次较为强烈的负偏(图 1C, D)。造成负偏的原因是由于先前的大洋缺氧造成大规模有机碳埋藏使大气 CO_2 含量降低,引起温室效应减弱,全球表面温度在 C/T 界线缺氧出现了持续的下降。温度降低引起海平面的下降。于是大洋水体的溶解氧含量回升到高值状态,最终造成了缺氧之后 $\delta^{13}\text{C}$ 值的负向偏移。这样的偏移同样在藏南其它地区和欧洲白垩纪地层也有响应(图 2)。

5 结 论

(1) 西藏南部岗巴地区晚白垩世海相地层的碳稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值具有明显的旋回波动趋势,从赛诺曼—马斯特里赫特期间共出现两次正向偏移,在时代上大体可以和大洋缺氧事件(OAE2、OAE3)的时代相对应。

(2) 缺氧事件之后出现了 $\delta^{13}\text{C}$ 值的负向偏移,同样可以在藏南地区其它剖面及欧洲白垩纪地层进行对比。

(3) 造成 $\delta^{13}\text{C}$ 值偏移的原因主要是由于全球性构造运动和气候变化,造成大规模的海侵和造山运动及火山活动,对大洋中的溶解氧含量产生重要的影响,直接反映了碳稳定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化。

参考文献:

- [1] 余光明,王成善,等. 西藏特提斯沉积地质·地质专报(三, 12) [M]. 北京:地质出版社,1990. 185.
[2] WILLIAM H. Sedimentary history of the Tibetan Tethys

Himalaya continental shelf in southern Tibet (Gamba, Tingni) during Upper Cretaceous and Lower Tertiary (Xizang Autonomous Region, P. R. China) [J]. *Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen*. 1993, 38(1): 49—183.

- [3] 万晓樵,赵文金,等. 对西藏岗巴上白垩统的新认识[J]. *现代地质*, 2000, 14(3): 281—285.
[4] 胡修棉,王成善,等. 藏南海相白垩纪碳酸盐碳稳定同位素演化与古海洋溶解氧事件[J]. *自然科学进展*. 2001, 11(7): 721—728.
[5] CARPNER M. Cretaceous planktic Foraminifera [A]. Bolli H M, Saunders J B, Perch-Nielsen K. *Plankton Stratigraphy* [C]. Cambridge: Cambridge University Press. 1985.
[6] 万晓樵,阴家润. 西藏岗巴地区白垩纪中期微体生物群与古海洋学事件[J]. *微体古生物学报*, 1996, 7(2): 169—186.
[7] 钟石兰,周志澄,等. 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[J]. *古生物学报*, 2000, 39(3): 313—325.
[8] 万晓樵,等. 西藏白垩纪浮游有孔虫化石带[A]. *青藏高原地质文集(8)*[C]. 北京:地质出版社,1981. 112—121.
[9] 郑永飞,等. *稳定同位素地球化学*[M]. 北京:科学出版社, 2000.
[10] CORFIELD R M, CARLIDGE J E, PREMOLI-SILVA I, HOUSLEY R A. Oxygen and carbon isotope stratigraphy of the Paleogene and Cretaceous limestones in the Bottaccione Gorge and the Contessa Highway sections, Umbria, Italy [J]. *Terra Nova* 1991, 3: 414—442.
[11] JENKYN H C, GALE A S, CORFIELD R M. Carbon- and oxygen-isotope stratigraphy of the English Chalk and Italian Scaglia and its palaeoclimatic significance [J]. *Geological Magazine*, 1994, 131(1): 1—34.
[12] STOLL H M, SCHRAG D P. High-resolution stable isotope records from the Upper Cretaceous rocks of Italy and Spain: Glacial episodes in a greenhouse planet [J]. *GSA Bulletin*, 2000, 112(2): 308—319.

Carbon stable isotopes of the Upper Cretaceous marine carbonate rocks in the Gamba region, southern Xizang

CUI Jie, WANG Cheng-shan

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The carbon stable isotopic compositions and variations are examined for the Upper Cretaceous marine carbonate rocks in the Gamba region, and the stratigraphic correlation is made for the study area and other coeval marine strata in southern Xizang and Europe. The carbon stable isotopic records in the Gamba strata have well responded to the global anoxic events during the Cretaceous. The lithostratigraphic and environmental analysis shows that the changes of oceanic dissolved oxygen contents caused by global sea-level changes and plate movement are a cause or effect of the deviation of $\delta^{13}\text{C}$ values.

Key words: carbon stable isotope; Cretaceous; carbonate rock; Gamba; southern Xizang