

桂中晚二叠世碳酸盐岩碳同位素的地层学意义

邵龙义 T P Jones²

摘要 广西合山马滩等地的上二叠统剖面碳酸盐岩碳同位素在吴家坪阶和长兴阶界线处表现出明显的降低现象,吴家坪阶石灰岩样品 ^{13}C 值一般都高于3.2‰,而长兴阶的样品其 ^{13}C 值多低于3.2‰,因此,碳同位素组成的差异有可能作为吴家坪阶和长兴阶的同位素地层界线。这种同位素降低现象可能与澳洲、南非、印度等地大规模聚煤作用的中止有关。聚煤作用的中止以及以前埋藏的泥炭和煤层在遭受构造抬升和氧化后会向大气中释放出大量富含轻同位素 ^{12}C 的 CO_2 ,从而使 得与大气平衡的海水及在其中沉淀出的碳酸盐岩的 ^{13}C 值降低。

关键词 碳同位素 晚二叠世 聚煤间断

第一作者简介 邵龙义 男 35岁 博士 教授 主要从事沉积学和煤田地质学研究

Carbon Isotopes and the Stratigraphical Implication of the Late Permian Carbonates in Central Guangxi

Shao Longyi¹ Jones T P²

1(China University of Mining and Technology, Beijing 100083)

2(Department of Earth Sciences, Cardiff University, Cardiff, CFI 3YE, UK)

Abstract

The carbon isotope compositions of the Late Permian carbonate rocks in central Guangxi show a sharp decrease at the boundary between Wujiapingian and Changxingian(W/C)stages. The limestone samples of the Wujiapingian stage have the ^{13}C values higher than 3.2‰, whereas the Changxingian samples have the ^{13}C values lower than 3.2‰. This negative shift is suggested to be used to distinguish the Wujiapingian and Changxingian stages. The carbon isotope depletion at the W/C boundary is believed to be related to the termination of the coal accumulation in large areas such as the India, eastern Australia, and South Africa but not southern China. The cessation of the coal accumulation and the oxidation of the previously buried coals as a result of the tectonic uplift may release ^{12}C rich CO_2 into the atmosphere which further leads to the decrease of the ^{13}C values in ocean water and the marine carbonate rocks.

Key words carbon isotope Late Permian coal accumulation gap

碳同位素地层学研究在最近几年来已经取得很大进展,对二叠系-三叠系界线处的碳同位素演化研究更是如此〔1~6〕,但是以往的研究多是针对主要地层如“纪”界线,仅有少数学者注意到更细一级的界线如“期”的界线处的碳同位素变化。笔者对广西合山马滩等地晚二叠世碳酸盐岩剖面的碳酸盐岩进行了稳定碳同位素测定工作,发现其中上二叠统吴家坪阶和长兴阶的样品在碳同位素组成上有较大差异,从而可为晚二叠世地层研究提供新的证据。本文即对这方面的成果进行介绍。

1 地质背景

广西晚二叠世古地理轮廓主要表现为一系列被深水槽盆包围的孤立碳酸盐台地,其上发育了典型的碳酸盐岩型煤系,本文所研究的几个剖面如合山马滩、合山鹅滩、武鸣包桥、马山红渡等即位于这些碳酸盐台地上,其中位于合山煤田的马滩、鹅滩剖面是本次研究较为详细的剖面。合山煤田的主体构造为合山向斜(图1),它是一个近南北向短轴状不对称向斜盆地,南北长约30 km,东西宽约12 km,向斜西翼地层倾角平缓,约 12° ~ 20° ,东翼地层倾角变化大,从 19° 到直立甚至倒转。马滩和鹅滩两个剖面即沿向斜西翼的红水河边分布,合山煤田晚二叠世地层包括合山组和大隆组,该地合山组厚约140余米,以碳酸盐岩夹煤为特征,大隆组厚20余米,以火山碎屑浊积岩为主。合山组碳酸盐岩以石灰岩为主,含有包括裸松藻类、粗枝藻类、有孔虫、海绵、苔藓虫、珊瑚、腕足、腹足、瓣鳃、介形虫、棘皮类、三叶虫、管状藻以及钙球等门类生物在内的丰富的化石和化石碎片。由于这些生物颗粒的种类、完整程度及数量等在碳酸盐岩中有变化,所以合山组碳酸盐岩又有灰泥岩、颗粒质泥岩、泥质颗粒岩及生物联结岩等一系列以灰泥质为主的结构类型。微相分析表明合山组主要形成于有缓坡边缘的碳酸盐台地上〔8〕。合山组含煤主要有四层,从上到下编号为二、三、四、五煤层,其中三煤和四煤在本区有二到三个分层。煤层结构复杂,高灰高硫,其顶底板常直接为石灰岩或燧石。马滩剖面近年来经详细的生物地层学研究后被划分为吴家坪阶和长兴阶,二者界线一般被放在合山组四煤层附近,但具体位置仍有争议〔9〕。

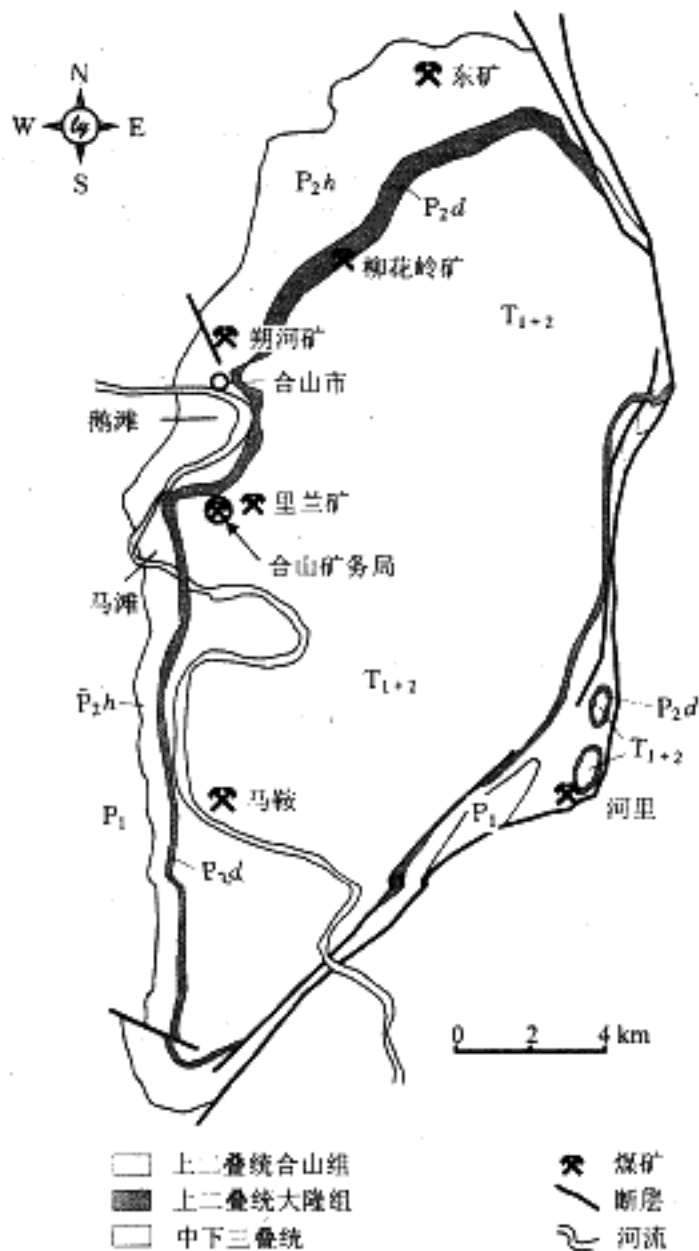


图1 广西合山煤田地质简图及剖面位置

Fig.1 Geological sketch map showing the Heshan coal field and the profile site

表1 桂中晚二叠世碳酸盐岩的碳氧稳定同位素及微量元素组成特征

Table 1 Carbon and oxygen isotopic compositions and trace elements of the Late Permian carbonate rocks in central Guangxi

样品号	采样位置 /m, 距剖面底部	地层	岩性微相	¹³ C /‰	¹⁸ O /‰	不溶残渣 /%	Sr / × 10 ⁻⁶	Mg /%
			(合山马滩剖面)/()					
M-88	117.7	P ₂ ch	含完整生物化石的灰泥岩	3.1	-8.1	16.93	786	0.43

M-87	116.7	P ₂ ch	含完整生物化石的颗粒 质泥岩	2.4	-6.7	17.44	556	0.344
M-78	107.0	P ₂ ch	蜓-生物泥质颗粒岩	2.8	-5.3	9.89	663	0.58
M-76	106.1	P ₂ ch	蜓-生物泥质颗粒岩	2.4	-7.6	9.76	1262	0.6
M-74	105.1	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	2.7	-7.9	30.34	1774	0.63
M-62	92.7	P ₂ ch	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	1.4	-6.8	3.14	1144	0.4
M-61	91.5	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	2.9	-7.5	25.85	1816	0.62
M-56	86.8	P ₂ ch	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	2.6	-7.9	5.57	1351	0.59
M-54	84.6	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	2.2	-7.6	41.57	931	0.5
M-46	76.5	P ₂ ch	蜓-生物泥质颗粒岩	0.3	-6.9	9.72	2259	0.55
M-43	73.1	P ₂ w	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	5.0	-8.4	36.97	972	0.15
M-38	68.1	P ₂ w	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	4.5	-7.4	3.74	858	0.44
M-32	51.7	P ₂ w	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	3.8	-6.7	0.76	1306	0.65
M-27	36.1	P ₂ w	含粪球粒藻屑泥质颗粒 砾	4.8	-6.7	1.38	602	0.69
M-26	34.0	P ₂ w	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	4.1	-7.2	0.74	400	0.23
M-24	25.2	P ₂ w	海绵障积岩	5.0	-6.6	2.70	724	0.62
M-18	15.7	P ₂ w	藻屑泥质颗粒岩	4.8	-7.8	0.96	723	0.418
M-13	11.0	P ₂ w	藻屑泥质颗粒	4.3	-8.1	2.42	840	0.355
			合山鹅滩剖面					
EH-75	143.7	P ₂ ch	蜓-生物泥质颗粒岩	2.5	-4.2			
EH-69	128.5	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	1.6	-7.9			

ET-12N	113.6	P ₂ ch	含粪球粒藻屑泥质粒岩	-0.7	-4.9			
ET-11N	112.2	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	1.9	-7.6			
ET-10N	111.5	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	1.8	-6.7			
ET-9N	111	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	0.9	-7.2			
ET-8N	110	P ₂ ch	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	2.1	-7.9			
ET-7N	109.4	P ₂ ch	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	1.3	-7.5			
ET-5N	108.8	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	2.5	-7.7			
ET-4N	108	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	2.6	-7.3			
ET-3N	107	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	1.7	-7.9			
ET-2N	106	P ₂ ch	含粪球粒藻屑泥质颗粒 岩	2.9	-7.7			
ET-1N	105.2	P ₂ ch	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	2.4	-7.5			
EH-66	104.2	P ₂ w	粘土质纹层状藻屑泥质 颗粒岩	6.3	-8.0			
EH-62	93.7	P ₂ w	海绵障积岩	5.2	-6.2			
EH-47	55.4	P ₂ w	海绵障积岩	3.8	-9.6			
EH-27	25.2	P ₂ w	海绵障积岩	4.8	-5.2			
			<u>武鸣包桥剖面</u>					
WB-3		P ₂ ch	鲕粒颗粒岩	0.2	-7.5	0.67	722	0.2
WB-2		P ₂ ch	生屑泥质颗粒岩	0.2	-6.1	6.21	213	0.28
WB-1		P ₂ ch	海绵障积岩	1.8	-9.2	1.18	271	0.27
			<u>马山红渡剖面</u>					
HD-79		P ₂ ch	纹层状藻屑泥质颗粒岩	2.6	-8.7	21.60	1021	0.23

HD-77		P ₂ ch	蜓-生物泥质颗粒岩	2.9	-7.7	6.61	859	1.43
HD-34		₂ W	生屑泥质颗粒岩	3.2	-7.1	8.87	591	0.38
HD-13		P ₂ W	纹层状藻屑泥质颗粒岩	4.4	-7.9	6.68	808	0.31
HD-12		P ₂ W	纹层状藻屑泥质颗粒岩	4.2	-8.2	13.85	335	0.46
HD-10		P ₂ W	生屑泥质颗粒岩	4.7	-8.0	1.59	124	3.07

注：P₂W—吴家坪阶 P₂ch—长兴阶 ¹³C和 ¹⁸O值相对于PDB标准

2 采样与测试

本次对在合山马滩、合山鹅滩、武鸣包桥、马山红渡等剖面上采集的44件碳酸盐岩样品以及在合山溯河矿采集22件煤层及夹矸样品，进行了碳氧稳定同位素测定，这些样品均采自新鲜的露头，碳、氧同位素是在MAT251质谱仪上进行的，样品处理采用了磷酸法。碳酸盐岩样品的分析测试在中国科学院地质研究所完成，工作标准为取自北京周口店的奥陶纪石灰岩(TTB-1)，其 ¹³C值为0.58‰(相对于PDB标准)，测试精度在0.1‰，所有碳酸盐岩样品的 ¹³C值最终都换算成PDB标准给出，其结果见表1。煤层及夹矸样品的碳酸盐组分的碳同位素测定是在英国卡地夫大学完成，其结果见表2，本文仅讨论碳同位素组成，同时测定的氧同位素本文暂不深入讨论，其原因是氧同位素受成岩作用影响比碳同位素要强得多，但是表1和表2中仍给出 ¹⁸O数值，以供参考。样品的纯度多在80%以上，主要为生屑泥质颗粒岩、颗粒质泥岩、灰泥岩和海绵障积—粘结岩等，都是以灰泥基质作为主要填隙物，并且都形成于正常盐度海水中〔10〕。从区域上来看，与黔西晚二叠世过渡相区的碳酸盐岩样品相比，桂中晚二叠世碳酸盐岩的氧、碳同位素组成属于正常海水介质〔11〕。另外该区较高的Sr含量和较低的Mg含量说明样品没有经过强烈的淡水成岩作用的影响。又因碳同位素一般受成岩作用影响较小〔12〕，因此，所测数值基本反映当时海水碳同位素组成情况。

3 晚二叠世碳同位素变化特征

广西合山马滩剖面因合山组出露齐全并含可采煤层而闻名于世，该地区合山组主要由石灰岩夹煤层组成，主要形成于有缓坡礁边缘的开阔台地背景中〔9〕。该剖面吴家坪阶与长兴阶生物地层研究于最近几年已取得一些进展，但分界线围绕该区四煤层附近有较大争论，腕足类分带界线在四煤顶板以上岩石中〔13〕，蜓分带界线在四煤底板之下岩石中，牙形石分带界线则更靠合山组下部〔9〕。从本次碳同位素分析来看，以四煤顶板纹层状藻屑泥质颗粒岩(M-43)顶面为界，其上下碳同位素组成存在明显差异，该界线之下的8个样品 ¹³C从3.8‰~6.7‰，界线上的10个样品 ¹³C从0.3~3.1‰(表1)，从图2可看出，该界线处 ¹³C有大幅度变化。大致以3.2‰为界，可把吴家坪阶样品和长兴阶样品分开，因此，从碳同位素组成角度，该界线作为吴家坪阶与长兴阶界线较为合适，其下属吴家坪阶，其上属长兴阶。

表2 广西合山煤田合山组上段煤层及夹矸中
碳酸盐组分的碳和氧同位素组成特征

Table 2 Characteristics of carbon and oxygen
isotope of carbonate contents in the coal of the upper
Heshan Formation, Guangxi

样 品	岩 性	^{13}C /‰	^{18}O /‰
2-4	炭质泥岩	1.86	-6.57
2-3	泥质灰岩	2.16	-7.48
2-2	泥质灰岩	2.46	-6.89
2-1	炭质泥岩	2.44	-6.62
3A-5	煤	2.71	-7.34
3A-4	煤	2.15	-8.45
3A-3	煤	3.00	-6.74
3A-2	炭质泥岩	2.03	-10.40
3A-1	煤	2.71	-8.36
3B-1	煤	3.29	-6.97
3C-3	煤	3.11	-5.96
3C-1	煤	2.70	-5.06
4A-5	炭质泥岩	2.32	-6.98
4A-3	炭质泥岩	1.90	-6.12
4A-1	炭质泥岩	3.12	-6.38
4B-7	煤	2.30	-7.64
4B-6	炭质泥岩	3.71	-7.22
4B-5	燧石	1.78	-10.58
4B-4	炭质泥岩	2.63	-7.34
4B-2	煤	2.13	-5.72
4B-1	炭质泥岩	1.73	-8.14
4B-0	燧石	2.36	-5.68

注：1)煤层号：2-二号煤；3A-三上煤；3B-三中煤；3C-三下煤；4A-四上煤；4B-四下煤

2)除二号煤采自马滩剖面外，其余均采自溯河矿井下

3)同位素数值相对于PDB标准

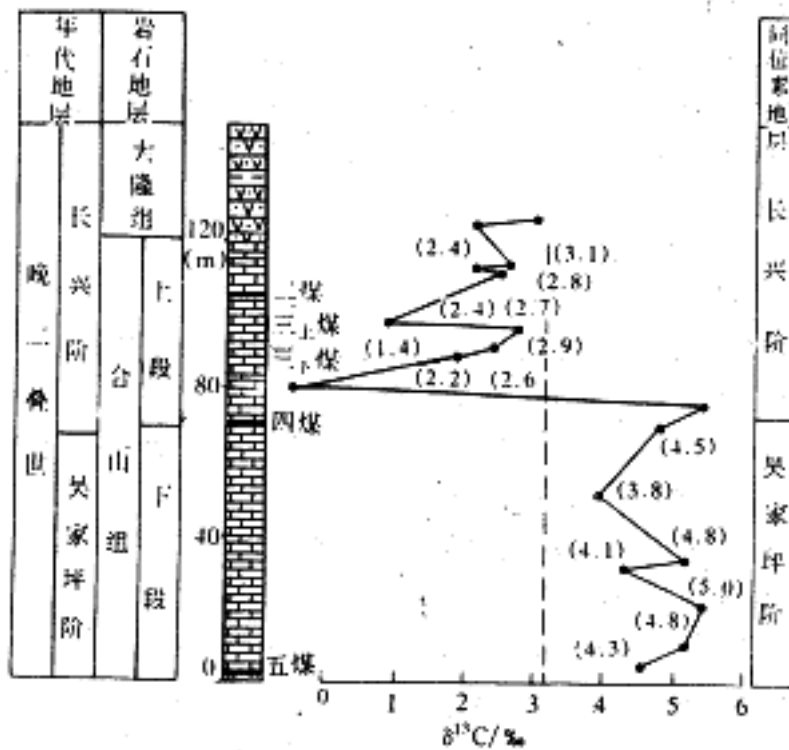


图2 广西合山马滩剖面晚二叠世
碳酸盐岩碳同位素组成特征

Fig.2 Carbon isotope composition of Late Permian
carbonates in Matan profile, Heshan, Guangxi

对合山马滩剖面的晚二叠世碳酸盐岩样品的分析表明, 四煤层以下样品的 ^{13}C 值大于 3.2‰ , 变化范围在 3.8‰ 到 6.3‰ , 而四煤层之上的样品 ^{13}C 值多小于 3.2‰ , 变化范围在 -0.7‰ 到 2.9‰ (图3)。

我们本次在广西境内马山红渡剖面 and 武鸣甸桥剖面也分别采集了少量样品, 进行了碳同位素组成测试, 反映出相同的 ^{13}C 变化规律, 即四煤层以下的样品 ^{13}C 大于 3.2‰ , 而四煤层之上的样品 ^{13}C 小于 3.2‰ (表1), 从黄思静〔7〕所作贵州和四川的晚二叠世剖面的碳同位素组成来看, 也有类似现象。

对合山煤田的各煤层(二煤、三上煤、三下煤、四上煤和四下煤)的碳同位素分析也表明, 位于长兴阶地层中的这些煤层及夹矸中的碳酸盐组分的无机碳同位素亦多小于 3.2‰ (表2), 与上面对围岩碳酸盐岩的分析结论一致。

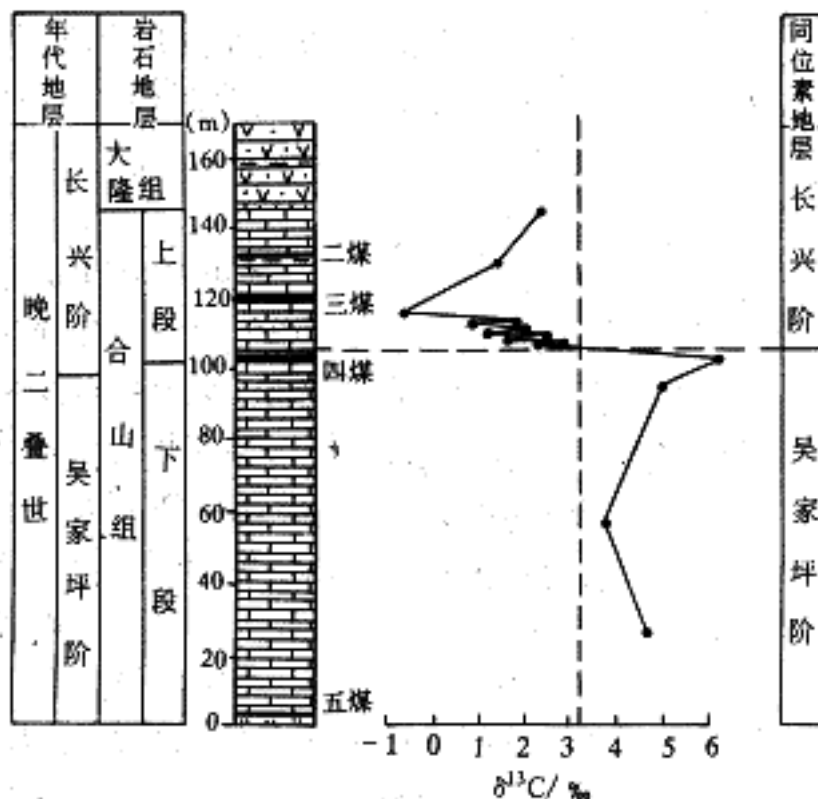


图3 广西合山鹅滩剖面晚二叠世碳酸盐岩
碳同位素组成特征

Fig.3 Carbon isotope composition of Late Permian
carbonates in Ertan profile, Heshan, Guangxi

4 聚煤作用间断与晚二叠世碳同位素变化的关系

一般来说,海洋碳酸盐的 ^{13}C 的变化主要反映地质历史中有机碳埋藏速率的变化,有机碳中往往富集较轻的碳同位素 ^{12}C ,因此当有大量有机碳快速埋藏时,这些有机碳会从自然界碳库中吸取过量的 ^{12}C ,使得自然界碳库中的 ^{13}C 相对富集,与之平衡的海水中的无机碳的 ^{13}C 随之富集^[14],相应的海水中沉淀出的碳酸盐岩,其 ^{13}C 也相对富集,即 ^{13}C 相对升高。因此, ^{13}C 的高值期往往是有机碳得以快速埋藏的时期。晚古生代广泛发育的聚煤作用被认为是当时有机碳快速埋藏的主要原因^[6]。

陆源有机质如煤的氧化会释放出大量轻同位素 ^{12}C 到大气中,从而引起大气以至于与之平衡的海水的碳同位素变轻^[15, 16]。Veevers等^[15]曾提出“聚煤间断”(Coal gap)理论来解释晚二叠世的同位素变化,认为“聚煤间断”期,煤层停止聚集,并且同时由于构造抬升而使以前形成的煤层进一步遭受侵蚀和氧化,因此这期间会有大量 ^{12}C 被释放出来,而引起海水及在海水中沉淀出的碳酸盐岩的 ^{13}C 值降低。虽然Faure^[16]提出这种“聚煤间断”始于晚二叠世的Mid-Tatarian期(大致相当于吴家坪中期),而Veevers等则认为始于P/T界线处。考虑到中国南方大量存在的晚二叠世长兴期煤层,本文对Faure^[16]的研究提出异议,而支持Veevers^[15]的观点。

用“聚煤间断”理论可以很好地解释P/T界线处的 ^{13}C 的降低现象^[15],这一理

论也可以用来对W/C界线处的碳同位素降低现象进行合理解释。从全世界范围来看,晚二叠世的聚煤作用是逐渐变弱的,欧美晚二叠世基本处于干燥气候带,无聚煤作用发生,澳洲、南非、印度等地可能因前陆盆地等地隆升而在晚二叠世的Mid-Tatarian期中断〔16〕,只有中国南方聚煤作用一直持续到P/T之交〔18〕,这种情况说明晚二叠世的聚煤作用在全球范围内是逐渐减弱的,并且在Mid-Tatarian期聚煤作用曾有过突然的减弱,正如Faure〔16〕所证实的除中国南方之外的其他诸多地区的聚煤间断。从Harland等〔19〕的年代地层表来看,Tatarian期的主体部分与吴家坪期及长兴期时代相同,因此,我们不排除Faure〔16〕在其它地区发现的聚煤间断与华南晚二叠世吴家坪阶和长兴阶界线处的 ^{13}C 的突然降低现象有关。值得指出的是,聚煤作用的减弱以及埋藏煤层的进一步抬升氧化所造成的大气中 CO_2 的富集,同样也会引起自然界的温室效应,后者可能与晚二叠世末的生物界的大量灭绝事件有一定关系。

5 结论

1) 广西合山晚二叠世碳酸盐岩同位素组成在吴家坪阶和长兴阶有明显不同,吴家坪阶碳酸盐岩 ^{13}C 从2.2‰~6.7‰不等,主要集中于3.5‰~5.0‰之间,一般大于3.2‰,长兴阶碳酸盐岩 ^{13}C 从-0.6‰~3.1‰变化,一般小于3.2‰。

2) 晚二叠世全球范围内的聚煤作用的减弱以及埋藏的煤层因构造抬升而遭受氧化,造成保存于煤层中的轻同位素 ^{12}C 的大量释放,最终导致海洋碳酸盐岩 ^{13}C 的降低,吴家坪阶和长兴阶界线处的碳同位素的降低现象可能是澳洲、南非、印度等地的始于晚二叠世Mid-Tatarian的聚煤间断的反映。

感谢:本文是在张鹏飞教授指导下完成的,实验工作得到陈锦石研究员及D.R. Groke博士的帮助,野外工作得到广西煤田地质局的协助,在此一并致以衷心感谢。

国家自然科学基金资助项目成果之一,编号:49772129

作者单位:邵龙义 中国矿业大学北京校区 北京 100083

T P Jones 英国卡地夫大学地球科学系 Cardiff,CF1 3YE,UK

参考文献

- 1 Holsr W T, Wagariz M, Clark D L. Carbon isotope stratigraphic correlations in the Late Permian. *Amer. J. Sci.*, 1986, 286: 390 ~ 402
- 2 李子舜. 古生代—中生代之交的生物绝灭的地质事件. *地质学报*, 1986, (1): 1 ~ 15
- 3 Magaritz M, Bar R, Baud A, Holser W T. The carbon-isotope shift at the Permian-Triassic boundary in the southern Alps is gradual. *Nature*, 1988, 331: 337 ~ 339
- 4 陈锦石. 碳同位素地层学研究. *矿物岩石地球化学通讯*. 1990(2): 113 ~ 114
- 5 Chen J, Chu X, Shao M, Zhong H. Carbon isotope study of the Permian-Triassic boundary sequences in China. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 1991, 89: 239 ~ 251
- 6 Baud A, Magaritz M, Holser W T. Permian-Triassic of the Tethys: Carbon isotope studies. *Geologische Rundschau*, 1989, 78: 649 ~ 677
- 7 黄思静. 上扬子二叠系-三叠系初海相碳酸盐岩组成与生物绝灭事件. *地球化学*,

1994, (1) : 60 ~ 67

8 张鹏飞, 邵龙义.广西合山地区合山组沉积相带和沉积模式.沉积学报, 1990, 8(4) : 13 ~ 21

9 沈树忠, 范炳恒, 邵龙义, 傅肃雷.黔桂晚二叠世煤层的生物地层对比研究.煤田地质与勘探, 1995, 23(6) : 1 ~ 5

10 Shao L,Zhang P.Late Permian coal-bearing carbonate sequences in central Guangxi, southern China:Depositional environments and coal accumulation .Scientia Geologica Sinica (Overseas Edition),1994,3:221 ~ 230

11 邵龙义, 窦建伟, 张鹏飞.西南地区晚二叠世氧、碳稳定同位素的古地理意义.地球化学, 1996, 25(6) : 575 ~ 581

12 McKenzie E T.Sedimentary cycling and the evolution of sea water.In:Riley J P,et al , eds. Chemical Oceanography(2nd edition) , 1975.

13 廖卓庭.广西来宾合山晚二叠世硅化腕足类及其古生态特征.见：中国各系界线地层及古生物-二叠系与三叠系界线(一).南京：南京大学出版社，1987.81 ~ 125

14 Kump L R,Garrels R M,Modeling atmospheric O₂ in the global sedimentary redox cycle. Amer.J. Sci.,1986,286:337 ~ 360

15 Veevers J J,Conagham P J,Shaw S E.Turning point in Pangean environmental history at the Permian-Triassic boundary,In : Klein G D,ed.Pangea:Paleoclimate,Tectonics,and Sedimentation during Accretion,Zenith,and breakup of a supercontinent.Boulder,Colorado, Gerlogical Society of America Special Paper , 1994,288:187 ~ 196

16 Faure K,de Wit M J,Willis J P.Late Permian global coal hiatus linked to ¹³ C-depleted CO₂ flux into the atmosphere during the final consolidation of Pangea.Geology,1995,23:507 ~ 510

17 Taylor J C M.Late Permian-Zechstein.In:Glennie K W,ed.Introduction to the Petroleum Geology of the North Sea(second edition).Blackwell Scientific Publications,1986.87 ~ 111

18 韩德馨, 杨起.中国煤田地质学(下册).北京：煤炭工业出版社.1980.1 ~ 415

19 Harland W B,Armstrong R L,Cox A V,Craig L E,Smith A G,Smith D G.A geologic time scale .Cambridge,United Kingdom,Cambridge University Press,1990.263

收稿日期：1997-11-18 收修改稿日期：1998-04-13

作者: [邵龙义](#) [Jones T P](#), [Shao Longyi](#), [Jones T P](#)
[邵龙义, Shao Longyi \(中国矿业大学北京校区, 北京, 100083\)](#), [Jones T P, Jones T P \(英国卡地夫大学地球科学系, Cardiff, CFI, 3YE, UK\)](#)

刊名: [沉积学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)

英文刊名: [ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA](#)

年, 卷(期): 1999, 17(1)

被引用次数: 7次

参考文献 (19条)

- [Holsr W T;Wagariz M;Clark D L Carbon isotope stratigraphic correlations in the Late permian](#) 1986
- [李子舜 古生代-中生代之交的生物绝灭的地质事件](#) 1986(01)
- [Magaritz M;Bar R;Baud A;Holser W T The carbon-isotope shift at the Permian-Triassic boundary in the southern Alps is gradual](#)[外文期刊] 1988
- [陈锦石 碳同位素地层学研究](#) 1990(02)
- [Chen J;Chu X;Shao M;Zhong H Carbon isotope study of the Permian-Triassic boundary sequences in China](#) 1991
- [Baud A;Magaritz M;Holser W T Permian-Triassic of the Tethys:Carbon isotope studies](#) 1989
- [黄思静 上扬子二叠系-三叠系初海相碳酸盐岩组成与生物绝灭事件](#) 1994(01)
- [张鹏飞;邵龙义 广西合山地区合山组沉积相带和沉积模式](#) 1990(04)
- [沈树忠;范炳恒;邵龙义;傅肃雷 黔桂晚二叠世煤层的生物地层对比研究](#) 1995(06)
- [Shao L;Zhang P Late Permian coal-bearing carbonate sequences in central Guangxi, southern China:Depositional environments and coal accumulation](#) 1994
- [邵龙义;窦建伟;张鹏飞 西南地区晚二叠世氧、碳稳定同位素的古地理意义](#)[期刊论文]-[地球化学](#) 1996(06)
- [McKenzie E T Sedimentary cycling and the evolution of sea water](#) 1975
- [廖卓庭 广西来宾合山晚二叠世硅化腕足类及其古生态特征](#) 1987
- [Kump L R;Garrels R M Modeling atmospheric O₂ in the global sedimentary redox cycle](#) 1986
- [Veevers J J;Conaghan P J;Shaw S E Turning point in Pangean environmental history at the Permian-Triassic boundary](#) 1994
- [Faure K;de Wit M J;Willis J P Late Permian global coal hiatus linked to 13 C-depleted CO₂ flux into the atmosphere during the final consolidation of Pangea](#) 1995
- [Taylor J C M Late Permian-Zechstein](#) 1986
- [韩德馨;杨起 中国煤田地质学](#) 1980
- [Harland W B;Armstrong R L;Cox A V;Craig L E, Smith A G, Smith D G A geologic time scale](#) 1990

本文读者也读过 (2条)

- [耿新华. 耿安松. 熊永强 我国下古生界碳酸盐岩烃源岩评价研究现状](#)[期刊论文]-[矿物岩石地球化学通报](#)2004, 23(4)
- [金玉珩. 王玥. Chrles Henderson. Bruce R. Wardlaw. 沈树忠. 曹长群. JIN Yu-gan. WANG Yue. Chrles Henderson. Bruce R. Wardlaw. SHEN Shu-zhong. CAO Chang-qun 二叠系长兴阶全球界线层型剖面和点位](#)[期刊论文]-[地层学杂志](#)2007, 31(2)

引证文献 (7条)

- [朱金富. 于炳松. 黄文辉. 初广震. 吕国 塔里木盆地塔中地区晚寒武世-奥陶世碳酸盐岩碳、氧同位素特征](#)[期刊论文]-[大庆石油地质与开发](#) 2008(1)
- [王安甲. 初广震. 黄文辉. 王旭 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩碳氧稳定同位素地球化学特征](#)[期刊论文]-[成都理工大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(6)
- [彭苏萍. 何宏. 邵龙义. 时宗波. 高云峰 塔里木盆地C—O碳酸盐岩碳同位素组成特征](#)[期刊论文]-[中国矿业大学学报](#) 2002(4)
- [高奇东 赵宽志 胡秀芳 潘文庆 张霄宇 韩杰 叶瑛 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩碳氧同位素组成及流体来源讨论](#)[期刊论文]-[浙江大学学报](#)

[盐酸、温度、时间及粒径对海洋沉积物碳酸盐去除的影响](#)[期刊论文]-[热带海洋学报](#) 2006(6)

6. [张丽丽](#) [鄂西二叠系瓜德鲁普统-乐平统的牙形石及乐平统底界的确定](#)[学位论文]硕士 2005

7. [桑树勋](#). [郑永飞](#). [张华](#). [徐磊](#). [范炳恒](#) [徐州地区下古生界碳酸盐岩的碳、氧同位素研究](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2004(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_cjxb199901013.aspx