



Palaeoworld

This is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship.

PALAEOWORLD Editorial Office

State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy

Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences

Beijingdonglu 39, 210008 Nanjing, PR China

e-mail: palaeoworld@nigpas.ac.cn

PALAEOWORLD online submission:

<http://ees.elsevier.com/palwor/>

PALAEOWORLD full-text (Volume 15 –) available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/1871174X>

浙江长兴煤山二叠-三叠系界线 剖面的碳同位素异常*

严正 徐道一 叶莲芳

(国家地震局地质研究所, 北京)

刘荣谟

(中国科学院西安黄土与第四纪研究所)

浙江长兴地区发育着良好的二叠-三叠系连续沉积的地层剖面。长兴煤山出露着上二叠统长兴阶连续过渡到下三叠统青龙组完整的灰岩沉积地层, 是著名的二叠-三叠系界线层型候选剖面。许多学者曾在此进行过地层、古生物、矿物、同位素地球化学的研究(赵金科等, 1981; 盛金章等, 1987; 杨遵仪等, 1984; 何锦文, 1981; 王义刚, 1984; 陈锦石等, 1984; 严正等, 1989)。现我们对煤山二叠-三叠系界线 A 剖面进行首次稳定同位素研究, 在 P/T 界线上、下 5m 范围内做加密取样, 很多样品间的间距仅 1、1.5 或 2cm, 共采得样品 94 件, 以期详细考察 P/T 界线上、下碳稳定同位素组成和变化的特征。

一. 实验分析方法

碳酸盐(灰岩)的稳定同位素分析一般常用 McCrea 方法, 但我们做了一些改进, 以提高效率和重现性(叶莲芳, 1982)。分析时, 先将新鲜而不含次生方解石等杂质的灰岩经超声等清洁去杂处理, 再制成约 0.15mm 粒径的粉末样。置 10—20mg 粉末样于真空反应器中, 并同浓度为 103% 的磷酸在 75℃ 平衡温度下反应, 反应时间为 1 小时。然后, 在真空系统中经纯化的 CO₂ 气体。采用 MAT251 质谱计将纯化的 CO₂ 与标准作对比测量, 将测量结果相对于 PDB 标准以千分率(‰)表示, 本实验分析精度优于 ±0.1‰。

二. 分析结果与讨论

煤山二叠-三叠系界线 A 剖面地层, 的碳同位素分析结果列于表 I, 并绘成插图 1。

由表 I 和插图 1 显然可见, 长兴二叠-三叠系界线上、下的地层, 其碳同位素组成发生过激烈的变化, 出现了很大的异常。碳同位素组成的变化, 可分成 3 部分:

* 开放实验室资助项目, 893105 项。

表 I 浙江长兴煤山二叠-三叠系界线 A 剖面碳稳定同位素组成

地层时代	样品编号	岩石名称	$\delta^{13}\text{C}$ (‰, PDB)	距离 (cm)	
下 三 叠 统	青 龙 组	CG721	含泥质灰岩	-0.51	209
		CG720	黑色页岩	-0.76	198
		CG719	同上	-0.47	188
		CG718	粘土	-1.35	181~185
		CG717	灰岩	-0.40	175
		CG716	同上	-0.43	168
		CG715	同上	-0.63	161
		CG714	同上	-0.65	156
		CG713	薄层灰岩	-0.52	151
		CG712	同上	-10.5	146
		CG711	状块灰岩	0.30	141
		CG710	同上	-0.30	136
		CG709	同上	0.06	131
		CG708	薄层含 Ca 层灰岩	-0.34	126
		CG707	黑色泥粒灰岩	-0.25	124
		CG706	块状灰岩	0.45	119
		CG705	同上	-0.11	114
		CG704	泥质灰岩	-0.35	108
		CG703	同上	-0.39	103
		CG702-C	粘土	-0.69	98
		CG702-b	同上	-1.26	96
		CG702-a	同上	-1.19	94
		CG701	灰岩	0.27	92.5
		CG700	同上	0.19	91
		CG699	同上	-0.11	89
		CG698	炭岩	0.15	87
		CG697	同上	0.47	85
		CG696	同上	0.18	82.5
		CG695	同上	0.47	80.5
		CG694	同上	0.61	78.5
		CG693	同上	0.67	76.5
		CG692	同上	0.86	74.5
		CG691	同上	0.39	71.5
CG690	同上	-0.75	68.5		
CG689	泥质灰岩	0.03	66.5		
CG688	同上	1.08	64.5		

地层时代		样品编号	岩石名称	$\delta^{13}\text{C}$ (‰, PDB)	距离 (cm)
下 三 叠 统	青	CG687	泥质灰岩	0.95	62
		CG686	同上	0.81	60
		CG685	同上	0.65	57.5
		CG684	同上	0.94	55.0
		CG682	同上	0.76	51.5
		CG681	同上	0.83	50.0
		CG680	同上	0.34	45.0
		CG679	同上	-0.91	40.0
		CG678	同上	-1.62	35.0
		CG677	同上	-0.73	33.5
	龙	CG676-b	同上	0.39	32.5
		CG676-a	同上	-1.42	30.0
		CG675-d	同上	0.27	29.5
		CG675-c	同上	-0.41	28.5
		CG675-b	粘土	0.01	27.5
		CG675-a	同上	-0.32	26.5
		CG674-b	灰岩	-0.40	25.5
		CG674-M	同上	-0.67	20.0
		CG674-a	同上	-3.35	17.5
		CG673-b	同上	-5.05	16.5
	组	CG673-M	同上	-6.24	15.5
		CG673-a	同上	-4.52	14.5
		CG672-f	含泥质灰岩	-0.25	13.5
		CG672-e	同上	-0.18	12.5
		CG672-d	同上	-0.24	10.5
		CG672-c	同上	-5.04	8.8
		CG672-b	同上	-0.50	6.5
		CG672-a	同上	0.22	4.5
		CG671-a	粘土	-0.32	1.5
		上 三 叠 统	长兴组	CG722-d	灰岩
CG722-c	同上			1.80	-3.0
CG722-b	同上			1.95	-4.5
CG722-a	同上			2.06	-6
CG723	块状灰岩			1.96	-9.5
CG724	同上			1.80	-13.5
CG725	同上			1.74	-17.5

地层时代		样品编号	岩石名称	$\delta^{13}\text{C}$ (‰, PDB)	距离 (cm)
上 二 叠 统	长	CG726	块状灰岩	1.00	-21
		CG727	同上	1.31	-25
		CG728	同上	1.41	-29
		CG729	同上	1.75	-33
		CG730	泥质薄层灰岩	2.33	-37
		CG731	同上	2.45	-42
		CG732	同上	2.19	-47
	兴 组	CG733	灰岩	2.63	-53
		CG734	厚层灰岩	2.79	-58
		CG735	同上	2.77	-64
		CG736	同上	2.70	-72
		CG737	灰岩	2.82	-78
		CG738	同上	2.73	-83
		CG739	同上	2.70	-88
		CG740	同上	3.10	-94
		CG741	同上	2.70	-100
		CG742	同上	3.18	110
		CG743	同上	3.56	-120
		CG744	同上	3.37	-140
		CG745	同上	3.93	-170
		CG746	同上	3.48	-220
CG747	同上	3.49	-320		

界线以下部分, 包括岩石标本 CG722—CG747, 这部分的碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值全为正值, 其平均值约为 2‰ 左右。它们的变化趋势由下而上 (即由老到新), $\delta^{13}\text{C}$ 值由较大的正值趋于较小的正值, 这和很多“正常”的海相灰岩很一致。这一段地层的较早期相对而言, 其海水蒸发量较大些, 生物总量也较大, 于是, 耗损了较多的轻碳同位素 ^{12}C 。

此外, 由氧稳定同位素组成分布特征上 (插图 2) 存在着: 越趋于 P/T 界线, 氧同位素总的变化趋势由较大的负值变化到较小的负值, 这意味着, 气候可能由相对较温暖变化到相对较冷凉。

中间一界线部分, 包括 P/T 界线以上 15—20cm 内, 样品 CG671—CG673。碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 值由二叠纪时的正值突然变化到很大的负值, 达 -6‰, 岩层厚度很小, 时间很短 (估计仅千余年), 碳同位素出现了如此强烈的负异常峰值, 表明大量的轻碳同位素 ^{12}C 得以富集, 未能被生物所消耗, 最可能是生物的大量死亡所致。

氧同位素组成也相应地发生极大变化 (插图 2), 由 P/T 界线下 $\delta^{18}\text{O}$ 偏于靠近正值方向, 突然变化到很大的负值方向。这意味着, 由二叠纪末较冷的气候突然变化到三叠纪

初始时较温暖的气候，这很可能是一种温室效应的反映。

界线以上部分，P/T界线 20cm 以上，岩石标本 CG674-CG721。这一部分的碳同位素首先由最大的负值迅速向正值方向变化，其次是 $\delta^{13}\text{C}$ 值在 +1‰ 至 -1.5‰ 左右间频繁摆动变化，其平均值约在 0‰ 左右。这反映了碳同位素异常事件的发生极为迅速而短暂，

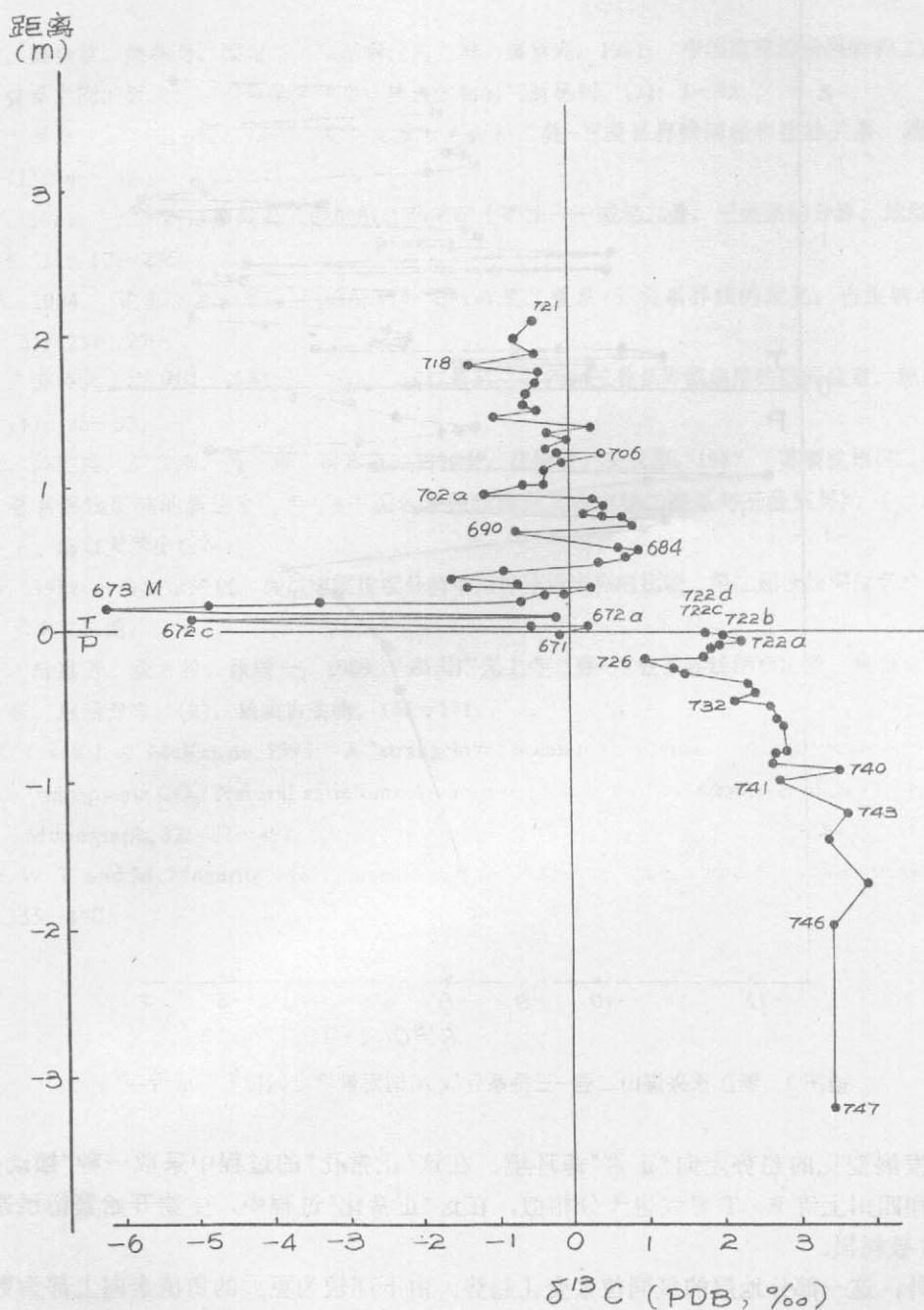


插图 1 浙江长兴煤山二叠-三叠系界线 A 剖面碳稳定同位素组成异常分布图

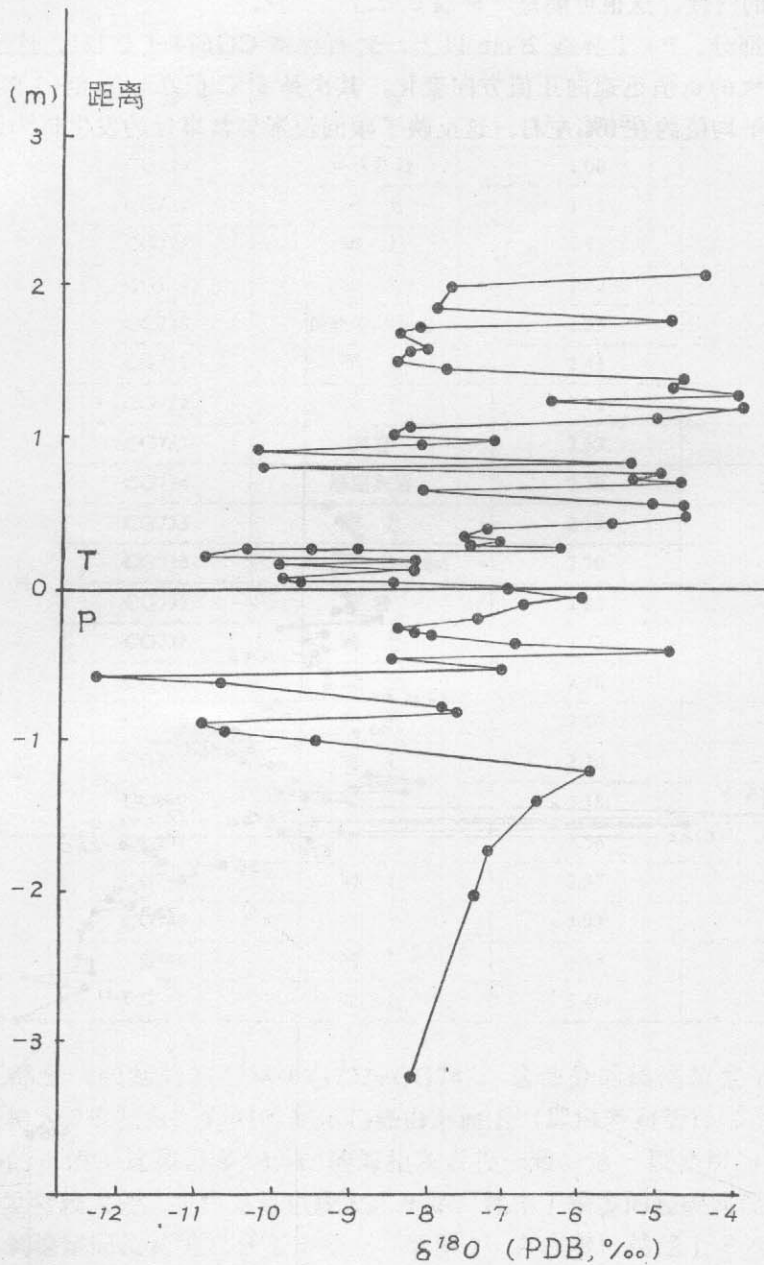


插图 2 浙江长兴煤山二叠-三叠系界线 A 剖面氧稳定同位素组成分布图

而且，发展变化的趋势走向“正常”海环境，在这“正常化”的过程中采取一种“摆动的”进程，这和四川上寺 P/T 界线也十分相似，在这“正常化”过程中，生物开始繁衍迅速，大量的 ^{12}C 被耗损。

此外，这一部分地层的氧同位素变化趋势，由下部较为更大的负值走向上部为更小的负值，反映由开始时更温暖的气候变化到以后相对较冷的气候。

总之，长兴煤山二叠-三叠系剖面的碳同位素组成在 P/T 界线处出现了碳同位素负

异常, 这和环境突然变化, 生物总量骤减乃至大量死亡密切相关。氧同位素组成特征在 P/T 界线处也出现了突变, 在三叠纪初由较温暖的气候 (由于异常事件导致“温室效应”) 随着时间的进展而趋于较冷的气候。

参 考 文 献

- 赵金科、盛金章、姚兆奇、梁希洛、陈楚震、芮琳、廖卓庭, 1981: 中国南部的长兴阶和二叠系与三叠系之间的界线。中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, (2): 1-95。
- 杨遵仪、吴顺宝、杨逢清, 1984: 关于我国南方海相二叠-三叠系界线问题和接触关系。地球科学, (1): 4-15。
- 何锦文, 1981: 长兴阶层型剖面及殷坑组底部的粘土矿物——兼论二叠、三叠系的分界。地层学杂志, 5 (3): 197-206。
- 王义刚, 1984: 论苏、浙一带三叠纪早期的菊石群及二叠系-三叠系界线的定义, 古生物学报, 23 (3): 257-270。
- 陈锦石、邵茂茸、霍卫国、姚御元, 1984: 浙江长兴二叠系和三叠系界线地层的碳同位素。地质科学, (1): 88-93。
- 盛金章、陈楚震、王义刚、芮琳、廖卓庭、何锦文、江纳言、王成源, 1987: 苏浙皖地区二叠系和三叠系界线研究的新进展。见:《中国各系界线地层及古生物二叠系与三叠系界》, (一), 1-21 页。南京大学出版社。
- 叶莲芳, 1982: 碳酸盐的氧、碳稳定同位素分析中两种分析流程的比较。第二届全国同位素地球化学学术论文集。
- 严正、叶莲芳、金若谷、徐道一, 1989: 四川广元上寺二叠-三叠系界线剖面的碳、氧稳定同位素特征。地质专报, (9), 地质古生物, 166-171。
- Hsu, K. J. and J. A. McKenzie, 1985: A "strangeclove" ocean in the earliest Tertiary, the carbon cycle and atmospheric CO₂: Natural variations Archean to present. In E. sundquist *et al.*(eds.), *Geophysical Monograph*, 32: 487-492.
- Holser, W. T. and M. Magaritz, 1987: Events near the Permian-Triassic boundary. *Modern Geology* 11: 155-180.