



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>

华南阿什极期集群绝灭原因的探讨

耿良玉

(中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学开放研究实验室)

华南 Ashgill 期的海生生物集群绝灭是“很引人注目”的(汪啸风等, 1989)。Ashgill 期的 24 个笔石属中, 在 Rawthegan 末绝灭了 13 个, 占总数的 54.1%。在 Ashgill 末期, 腕足类 32 个属中, 12 个属绝灭了, 占总数的 37.5% (陈旭、戎嘉余, 1990), 这是一个“大事件”(Rong Jia-yu and Chen Xu, 1986)。Ashgill 期的胞石共描述 12 种, Rawthegan 灭绝了 5 种, 占总数的 42% (钱泽书、耿良玉, 1989)。关于集群绝灭的原因, 许多作者作过有益的探讨。大致可以归结为:

1. 奥陶纪最晚期全球性海平面迅速上升和纬向气候带分带性的减弱, 引起海底缺氧, 导致 *Hirnantia* 动物群的迅速绝灭 (Rong Jia-yu and Chen Xu, 1986)。

2. 在 Rawthegan 末期南极冰盖凝聚达到高潮, 引起全球海平面大幅度下降和全球降温。这次降温事件使得笔石的食物——漂浮的微生物大幅度减产。造成部分笔石的绝灭 (陈旭、戎嘉余, 1990)。这两种解释可称为冰川说。

3. 奥陶纪末期的地外事件。汪啸风、柴之芳 (1989) 在宜昌地区观音桥层的顶界和龙马溪组的底界处, 发现了铀异常和碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 的偏离, 据此认为这次生物集群绝灭与地外事件有关。这种观点可称为地外事件说。

我们认为, 上述缺氧事件和降温导致食物链中断, 对不同生物的绝灭肯定会有影响, 不过, 问题可能还要复杂一些。至于地外事件, 则有讨论的必要。笔者认为铀异常并非必然是地外事件的产物, 对地外成因不利的事实如下:

(1) C. J. Orth 等 (1986) 对加拿大 Anticosti 岛, P. Wilde 等 (1986) 对苏格兰 Dob's Linn 剖面奥陶系—志留系剖面元素地球化学研究的结果表明, 界线上下不存在铀异常, 这至少表明铀异常没有洲际普遍性。(2) W. H. Zoller 等 (1983) 报道, 夏威夷基拉韦厄 (Kilauea) 火山喷发大气颗粒物中, 有铀异常。(3) 宜昌剖面 *Glyptograptus persculptus* 带的底 (样品号 FO₃W₁₈) 的 Ir/Au 比值为 0.04 与 Kilauea 火山灰的 Ir/Au 比值 0.06 接近, 而与作为地外物质重要标志的地外比值 3.3 相差甚远。白垩系—第三系界线层的 Ir/Au 值接近 3.3 (柴之芳等, 1986; Palme, 1982)。(4) 宜昌剖面 Au/Ni 比值为 0.03, 与太阳的丰度比 0.00147 相差很远。(5) 宜昌剖面铀异常并非集中于 1 个单层, 而且两层铀异常之间的 2cm 地层并无异常 (表 I)。

表 I 3 个样品的 I_r 值 (据汪啸风、柴之芳, 1989)

样品号(FO ₃ W)	距 <i>persculptus</i> 底界距离(cm)	Ir(ppb)
20	5—6	0.64 ± 0.11
19	2—4	—
18	2—4	0.64 ± 0.28

这一现象地外成因不易解释。汪啸风等(1989)的地外事件说,尚须更多的证据(如微球粒、冲击石英以及地外氨基酸等)证实。本文首次提出,导致集群绝灭的原因还有火山活动,可称为火山说。火山活动的识别是基于以下几方面的事实: 1. 鄂西宜昌五峰早期沉积中具多层硅质岩,据认为与海底火山活动有关(徐安武,见汪啸风等,1987);鄂西新滩 *szechuanensis* 带顶部具斑脱岩(汪啸风等,1986);湖南宁远等地五峰早期沉积中具火山凝灰岩(刘义仁、傅汉英,1990)。2. 宜昌观音桥层的新生剩余磁化强度(Jr)强达7340PT,是龙马溪组底部的30倍,具有火山岩的磁性特点(汪啸风等,1986);昆山钻孔的长坞组上部夹一层凝灰质细砂岩(俞剑华等,1979);观音桥层中具火山物质鸡骨状玻屑;观音桥层中部的含石英生物水云母粘土岩,可能为流纹质?凝灰岩(汪啸风等,1987)。3. 福建永安魏坊地区晚奥陶世的罗峰溪群的中部和上部的硅质岩中,可见大小约0.1—0.5mm,含量5—25%的硅质球粒(朱玉磷等,1990),笔者认为可与意大利西西里岛的埃特那(Etna)火山喷发形成的硅质微球粒相比。4. 黄志诚最近在江苏句容的五峰组中,发现96层凝灰岩(插图1)。完全可以相信,随着研究的深入,五峰期的火山活动可能比我们目前了解的要远为强烈得多。不妨回顾一下二叠系—三叠系界线粘土的

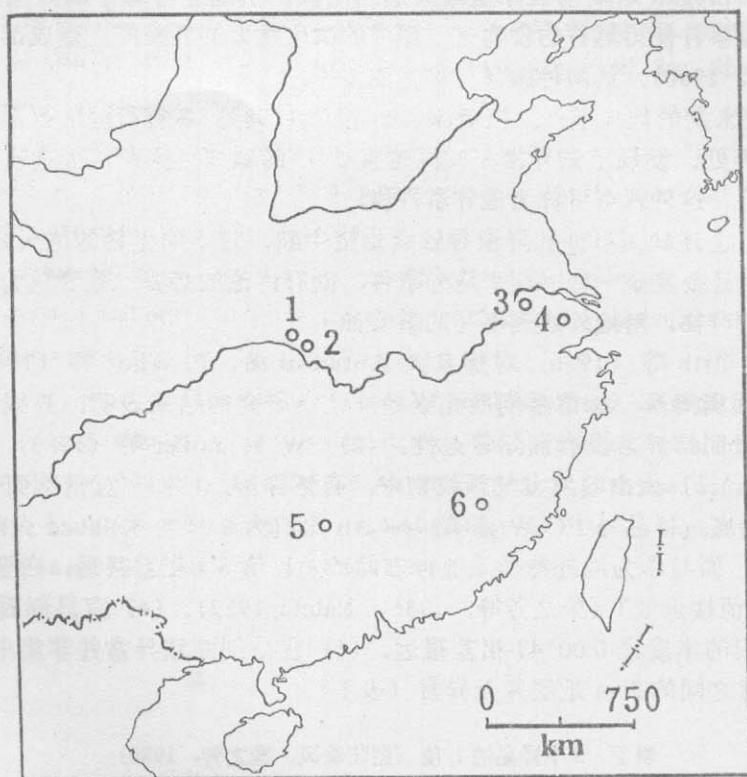


插图1 Ashgill期具火山沉积的几个地点

1. 鄂西新滩 2. 鄂西宜昌 3. 江苏句容
4. 江苏宜兴 5. 湘南宁远 6. 闽西永安

情况。浙江长兴煤山、四川广元上寺、湖北黄石冶钢二门等地的界线粘土岩，原来都认为是沉积粘土岩。后来由于其中发现了高温 β 石英、火山灰球、火山玻璃等，从而证实为凝灰岩（殷鸿福等，1989）。五峰组下部的硅质岩和上部的观音桥层，分布十分稳定，横跨陕西、四川、贵州、湖北、江西、安徽、江苏等 8 省，纬向延伸 1500km 左右。如果宜昌地区五峰组中二期火山活动具有代表性的话，当时的火山活动规模是相当可观的。

火山作用如何导致生物集群绝灭呢？我们认为可以从两方面探讨：

(1) 剧烈的火山爆发作用可以产生蔽光、中毒效应 (deleterious effects)。火山喷出的碎屑物质和各种气体以及水蒸气组成高温的火山尘雾，可以冲上几十公里的高空，并可以在高空停留几周至几年，散布几千公里，并可覆盖 $2.5 \times 10^6 \text{km}^2$ 。例如 1883 年 8 月 27 日印度尼西亚喀拉卡脱 (Krakatoa) 火山爆发，往大气中差不多抛射了 20km^3 的火山碎屑，细粒的火山尘上升到 80km 的同温层，环绕地球漂浮几年，当时火山灰覆盖超过 $1 \times 10^6 \text{km}^2$ ，并造成北半球长达数月的蔽光现象，并使地球的温度降了几度。1912 年阿拉斯加半岛卡特迈火山猛烈喷发，把大量的细粒火山灰抛到大气层，在大气层停留了几个月，那时使地球的太阳直接辐射减少了 20%。蔽光效应影响气温和光合作用。火山爆发物质和冲击加热产生的 NO_2 和氰化物会产生水生生物中毒效应。

(2) 缺氧效应

火山喷发过程中，喷出的水蒸气占 70—80%，还有其它一些气体（表 II—III）。这些气体的数量巨大。据 A. N. 克拉夫佐夫的资料，堪察加半岛的火山活动，自晚中新世以来，喷出的 H_2 : $9.0 \times 10^{19} \text{t}$, CO : $2.7 \times 10^{11} \text{t}$, CO_2 : $9.0 \times 10^{14} \text{t}$, CH_4 : $2.7 \times 10^{11} \text{t}$ 。如果系海底喷发，部分气体进入大气圈，部分气体溶于海水；若喷发不强烈，溶于海水中的气体则更多。上述气体中， HCl , CO_2 , H_2S , SO_3 等能溶于水， CH_4 等不溶于水。上述溶于海水的气体溶解后，便和水中的自由氧和水进行一系列的化学反应，如：

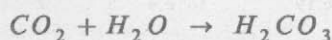
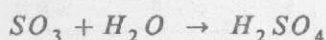
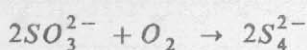
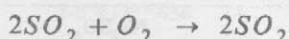
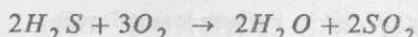


表 II 基拉韦厄火山的气体化学成分（在 1200℃ 时的体积百分比）（引自久野久，1978）

CO_2	CO	H_2	N_2	Ar	SO_2	SO_3	S_2	Cl_2	H_2
47.68	1.46	0.48	2.41	0.41	11.15	0.42	0.04	0.04	36.18
11.12	3.92	1.42	—	0.51	—	—	8.61	0.02	77.50
2.65	1.04	4.22	23.22	沉淀	0.16	—	0.70	沉淀	67.99
17.95	0.36	1.35	37.84	沉淀	3.51	—	0.49	沉淀	38.48
33.48	1.42	1.56	12.88	0.45	29.83	—	1.79	0.17	17.97
6.63	0.22	0.15	2.37	0.56	3.23	5.51	0.00	1.11	80.31
5.79	0.00	0.00	7.92	沉淀	4.76	2.41	0.00	4.08	75.09
1.42	0.05	0.08	0.68	0.05	0.51	0.00	0.07	0.03	97.09

表Ⅲ 堪察加比伊巴裂口喷出的气体成分表 (转引自黄瑞华, 1981)

喷气	HF	HCl	SO ₂	SO ₃	H ₂ S	NH ₄	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄ +TY
1	0.12	2.48	0.00	2.23	29.83	2.23	25.88	0.00	14.9	22.36
2	0.00	46.94	0.00	2.32	0.00	0.02	11.70	0.60	0.00	39.03
3	0.38	5.69	0.00	0.01	0.00	0.00	37.54	0.00	0.00	56.38

火山喷出的气体由于数量巨大, 如果火山作用在一个狭窄的海域或封闭的海域进行, 且时间足够长, 势必消耗海水中大量的自由氧, 这种经受火山作用后的海水, 变成了含上述物质的溶液了。溶液的浓度与密度之间呈正相关 (表Ⅳ)。显然, 经受火山作用后的海水密度变大, 由于重力分异, 引起海水分层, 这种缺氧的海水会分布于海水的下部, 如海盆比较闭塞, 海底便在相当长的地质时期内为一缺氧环境。例如二叠纪长兴期的硅质岩的硅质主要来源于火山物质 (杨遵仪等, 1987)。其中底栖腕足类属种单调, 数量也少, 个体很小 (贝壳不超过 15mm, 有的只有几毫米), 且无珊瑚、海绵与之共生。很可能, 这是本文论述的火山作用导致的海底缺氧环境所造成的。我们认为这一火山-缺氧模式可能有普遍意义。

笔石与胞石多为浮游性生物, 海底缺氧对其生存无碍, 它们的绝灭可能与火山活动导致的蔽光、降温及中毒效应有关。这些效应会引起浮游微生物的大量死亡。某些类别微生物的绝灭, 食物链的中断, 又进而使吞食它们的其它生物绝灭。腕足类的绝灭原因, 除了上述效应之外, 也可能与上升流将缺氧水带至陆棚浅海有关。扬子区晚奥陶世的古纬度约为 22° N (叶素娟, 未刊手稿), 大体相当于我国南海北缘, 而我国南海沿岸是存在上升流的 (金庆焕, 1989)。

表Ⅳ HF, NaCl, Na₂CO₃, Na₂SO₄ 的浓度与密度关系表 (20℃) (引自高长林等, 1989)

HF		NaCl		Na ₂ CO ₃		Na ₂ SO ₄	
密度	浓度	密度	浓度	密度	浓度	密度	浓度
克/升	%重量	克/升	%重量	克/升	%重量	克/升	%重量
1005	2	1005.3	1	1.000	0.19	1016.4	2
1012	4	1012.5	2	1.005	0.67	1034.8	4
1021	6	1026.8	4	1.010	1.14	1053.5	6
1028	8	1041.3	6	1.015	1.62	1072.4	8
1036	10	1055.9	8	1.020	2.10	1091.5	10

参 考 文 献

- 久野久 (刘德泉、常子文译校), 1978: 火山及火山岩。地质出版社。
 刘义仁、傅汉英, 1990: 湖南晚奥陶世五峰期的古地理。湖南地质, 9 (1): 1—7。
 朱玉磷、邹禧春, 1990: 论魏坊地区奥陶系。沉积特征及其源区构造背景。福建地质, 9 (1): 14—32。
 汪啸风、曾庆鑫、周天梅、倪世钊、项礼文、赖才根, 1986: 再论奥陶系与志留系界线的划分与对比。

- 中国地质科学院院报, (12):157—176.
- 曾庆奎、赖才根、徐光洪、倪世钊、周天梅、项礼文、汪啸风、李志宏, 1987: 奥陶系。见:《长江三峡地区生物地层学(2), 早古生代分册》, 43—142页。地质出版社。
- 汪啸风、柴之芳, 1989: 奥陶系与志留系界线处生物绝灭事件及其与铍和碳同位素异常的关系。地质学报, 63(3): 255—264.
- 金庆焕(主编), 1989: 南海地质与油气资源。地质出版社。
- 陈旭、戎嘉余, 1990: 集群绝灭的基本概念及奥陶纪晚期的实例剖析。见:《理论古生物学文集》, 91—120页。南京大学出版社。
- 俞剑华、陈敏娟、黄志诚、方一亭、陈云棠, 1979: 江苏南部的奥陶系。地层学杂志, 3(3): 157—176.
- 杨遵仪、殷鸿福、吴顺宝、杨逢清、丁梅华、徐桂荣, 1987: 华南二叠—三叠系界线地层及动物群。地质专报, (二) 地层古生物, (6): 147—175。地质出版社。
- 徐安武, 1987: 沉积相的初步研究。见:《长江三峡地区生物地层学(2), 早古生代分册》, 137—142页。地质出版社。
- 柴之芳、毛雪瑛、马淑兰、白顺良、周瑶琪、马建国、宁宗善, 1989: 广西黄茆泥盆系—石炭系界线层的元素地球化学异常。地质学报, 63(1): 50—58.
- 高长林、秦德余、吉让寿、殷勇, 1989: 北大巴山地区早古生代的缺氧环境和油源岩与水下火山活动之间关系的探讨。石油实验地质, 11(2): 10558—112.
- 钱泽书、耿良玉, 1989: 扬子区五峰组胞石。微体古生物学报, 6(1): 45—64.
- 殷鸿福、黄思骥、张克信、杨逢清、丁梅华、毕先梅、张素新, 1989: 华南二叠纪—三叠纪之交的火山活动及其对生物绝灭的影响。地质学报, 63(2): 169—181.
- Orth, C. J., Gilmore, J. S., Quintana, L. R. and Sheehan, P. M., 1986: Terminal Ordovician extinction: Geochemical analysis of the Ordovician—Silurian boundary, Anticosti Island, Quebec. *Geology*, 14: 433—436.
- Palme, H., 1982: Identification of projectiles of large terrestrial impact craters and some implication for the interpretations of Ir-rich Cretaceous/Tertiary boundary layers. *Geol. Soc. Amer., Spec. Pap.*, 190: 223—233.
- Rong Jia-yu and Chen Xu, 1986: A big event of latest Ordovician in China. In: O. Walliser (ed.): *Lecture notes in earth science, 8. Global bio-events*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Wilde, P., Berry, W. B. N., Quinby-Hunt, M. S., Orth, C. J., Quintana, L. R., Gilmore, J. S., 1986: Iridium abundances across the Ordovician—Silurian stratotype. *Science*, 233: 339—341.
- Zoller, W. H., Parrington, J. R. and Kotra, J. M. P., 1983: Iridium enrichment in airborne particle from Kilauea volcano. *Science*, 222: 1118—1121.