

贵州正安县奥陶系—志留系界线碳质泥岩 Re-Os 同位素精确厘定及其古环境反演

李欣尉^{1,2)}, 李超^{1,2)}, 周利敏^{1,2)}, 赵鸿^{1,2)}

1) 国家地质实验测试中心, 北京, 100037;

2) 中国地质科学院 Re-Os 同位素地球化学重点实验室, 北京, 100037

关键词: Re-Os 同位素定年; 奥陶系—志留系界线;
古环境演化; 五峰组—龙马溪组

Re-Os 同位素体系可避免多期火山活动对锆石 U-Pb 年龄的影响, 对奥陶系—志留系广泛发育的沉积地层进行直接的、精确的年代厘定。同时, Os 同位素特征能够有效地对沉积时期物质来源进行示踪, 精确反映沉积环境的变化, 有利于探讨该时期发生的重大地质事件与环境、气候变化及有机质富集之间的关系。另一方面, 贵州北部具有丰富的页岩气资源, 上奥陶统五峰组—下志留统龙马溪组是页岩气勘探的主要目标层, 对该套富有机质沉积岩所处的古地理环境、气源岩地质背景、成藏条件进行综合研究, 可以为页岩气的勘探提供一定的科学依据, 具有重要意义。

1 采用 Re-Os 同位素技术对奥陶系—志留系界线精确厘定

研究对象采自贵州省正安县班竹镇下坝村, 岩心样品连续且完整跨越奥陶系五峰组—志留系龙马溪组界线地层, 界线位于 1116.4 m 深度处。选取界线层处 11 件碳质泥岩样品用于 Re-Os 同位素测定, 结果见表 1。样品的 Re 含量为 3.315~101.3 ng/g, Os 含量为 0.1323~1.497 ng/g, $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ 值为 122.2~509.6, $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 值为 1.604~4.437。采用其中 7 件样品的 Re-Os 数据获得的等时线年龄为 $443.68 \pm 6.24 \text{ Ma}$ (2σ , $n=7$), $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i = 0.699 \pm 0.019$, $\text{MSWD}=0.55$, (图 1a)。与国际地层委发布的奥陶系—志留系界线年龄 $443.7 \pm 1.5 \text{ Ma}$ 高度一致, 并优于前人所得的锆石 U-Pb 年龄, 角闪石

K-Ar 年龄和火山岩 Rb-Sr 年龄。

五峰组页岩的平均沉积速率为 0.78~2.19 m/Ma (徐伦勋等, 2004), 为了获得精准的 Re-Os 等时线年龄, 对该组具有较低沉积速率 ($<2 \text{ m/Ma}$) 的富有机质沉积岩样品, 以较窄的取样间隔 (30 cm) 和较大的取样量 (10 g) 为取样原则, 保证样品具有均一的 Os 初始值, 避免了海水 Os 在短时间内发生突然变化导致样品中 Os 初始值的变化和失耦现象的发生, 为获得精准的 Re-Os 沉积年龄提供保障。

2 Re-Os 同位素体系在物质来源示踪的应用

从五峰组上部至龙马溪组下部, Re、Os 含量、 $^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$ 、 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 及 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 初始值比值均呈现先升高后逐渐降低的变化趋势 (图 1b)。Re-Os 同位素体系的变化可能与这一时期频繁的火山喷发事件和赫南特期冰川事件具有一定的相关性。根据 Re-Os 同位素体系的变化将这一时期境变化分为三个阶段。晚奥陶纪末—早志留世, 赫南特期冰川事件导致气候急剧变为寒冷, 海平面迅速下降, 随后全球性的火山喷发事件导致气候快速回暖, 冈瓦纳冰盖消融, 海平面快速回升, 之后, 由火山活动喷发出的火山灰遮蔽阳光, 使得气候再次变冷, 海洋环境与冰期时相似。在此期间, 海洋环境历经富氧—缺氧—富氧过程, 造成暖水生物和凉水生物的先灭绝。同时, 受到气候变化影响, 风化作用经历物理风化为主—化学风化为主—物理风化为主的周期性变化。化学风化也将大量的营养物质通过上升洋流和陆源输入带入古海洋表层水体, 为五峰

注: 本文为国家自然科学基金青年基金项目(41703059)的成果。

稿日期: 2020-01-10; 改回日期: 2020-02-10; 责任编辑: 黄敏。DOI: 10.16509/j.georeview.2020.s1.005

作者简介: 李欣尉, 工程师, 从事 Re-Os 同位素研究, Email: lixinwei-re-os@qq.com。

组—龙马溪组富有机质沉积岩提供了较好的生烃潜力。晚奥陶世末 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 初始值出现 2 次突然降低并呈现周期性波动, 指示大规模的火山喷发事件至少为 2 期。此外, Re-Os 数据变化趋势与上扬子地台地区 (如贵州兴文县、湖北王家湾等地区) 和全球多个国家在这一时期碳、硫同位素、TOC 含量 (Yan 等, 2009)、Fe 物种变化 (Liu 等, 2016)、Hg 异常值 (Gong 等, 2017) 先正向偏移, 之后回

归冰期时水平的变化趋势高度一致。不仅表明火山活动和赫南特期冰川事件的发生和海洋环境变化是全球性的, 同时显示出 Re-Os 同位素体系对大规模冰期、火山活动等地质事件的良好记录, 同时, Re、Os 含量、比值与 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 初始值的变化可以有效反映沉积时期物质来源、沉积环境、古生产力的变化, 在古环境反演研究中具有重要潜力。

表 1 奥陶系—志留系界线碳质泥岩 Re-Os 同位素结果

样品 编号	岩性	深度(m)	Re 含量 (ng/g)		Os 含量 (ng/g)		$^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}$		$^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$		$(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i$
			测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	
16 BZ-11	碳质泥岩	1120.15	43.76	0.32	0.7166	0.0054	440.9	4.5	3.950	0.008	0.6846
16 BZ-16		1118.25	22.17	0.16	0.6084	0.0046	227.6	2.3	2.394	0.004	0.7058
16 BZ-17		1117.95	101.3	0.7	1.497	0.011	509.6	5.2	4.437	0.007	0.6563
16 BZ-18		1117.65	49.12	0.36	0.8658	0.0065	399.7	4.0	3.668	0.006	0.7027
16 BZ-19		1117.35	12.21	0.09	0.3854	0.0029	192.0	1.9	2.104	0.004	0.6798
16 BZ-20		1117.05	12.36	0.09	0.3596	0.0027	212.2	2.1	2.281	0.004	0.7061
16 BZ-21		1116.75	11.18	0.08	0.4773	0.0036	136.4	1.4	1.725	0.003	0.7125
16 BZ-22		1116.45	11.65	0.09	0.4048	0.0031	172.1	1.7	1.979	0.003	0.7026
16 BZ-23		1116.15	3.315	0.196	0.1558	0.0012	122.2	7.3	1.604	0.003	0.6965
16 BZ-24		1115.85	3.848	0.028	0.1323	0.0010	174.3	1.8	1.988	0.004	0.6947
16 BZ-25		1115.55	4.350	0.032	0.1764	0.0013	144.1	1.5	1.758	0.003	0.6884

注: $(^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os})_i = ^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os} - (e^{(\lambda \times 10^6 \times (-5) \times 1.666 - 1)} \times ^{187}\text{Re}/^{188}\text{Os}; t = 443.7 \text{ Ma}。$

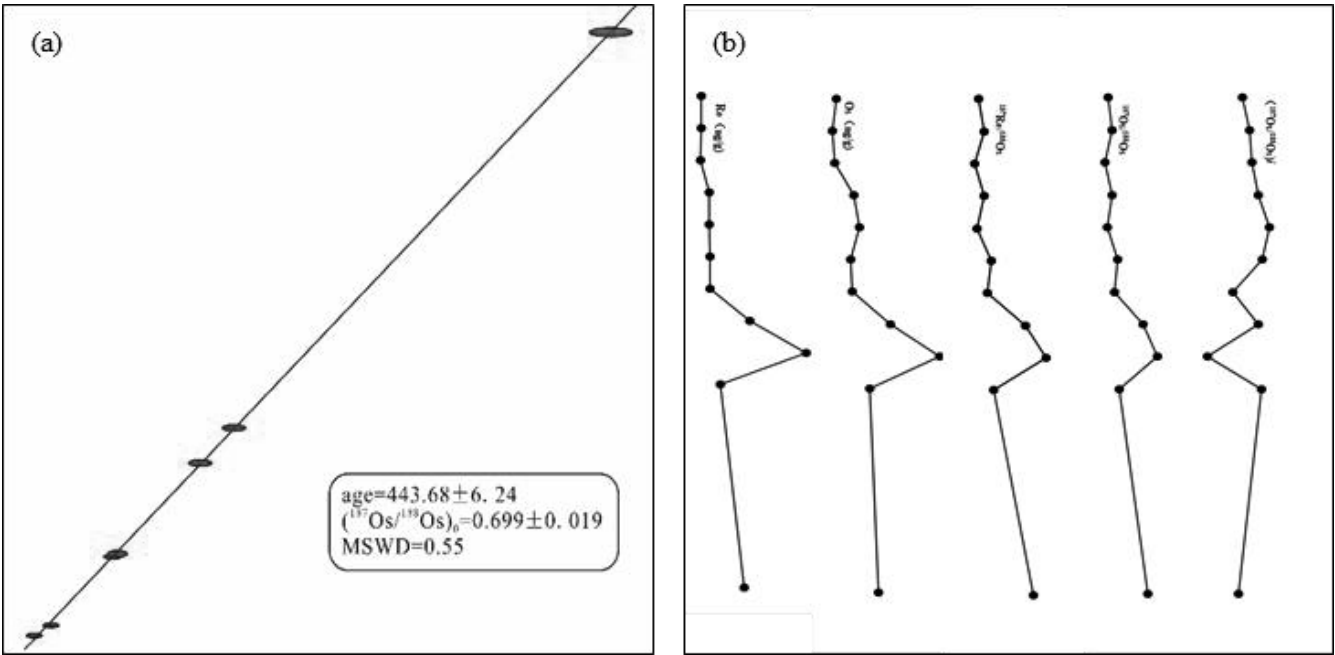


图 1 奥陶系—志留系界线 Re-Os 等时线年龄和 Re-Os 同位素特征变化

参 考 文 献 / References

- 徐伦勋, 肖传桃, 龚文平, 何幼斌. 2004. 论扬子地区上奥陶统五峰组观音桥段的深海成因. 地质学报, 78(6): 726~732.
- Levasseur S, Birck J, Allegre C J. 1998. Direct measurement of femtomoles of osmium and the $^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os}$ ratio in seawater. *Science*, 282(5387): 272~274.
- Fan J, Peng P and Melchin M J. 2009. Carbon isotopes and event stratigraphy near the Ordovician-Silurian boundary, Yichang, South China. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 276 (1~4): 160~169.
- Liu Yu, Li Chao, Algeo T J, Fan Junxuan, Peng Ping'an. 2016. Global and regional controls on marine redox changes across the Ordovician-Silurian boundary in South China. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 463: 180~191.
- Gong Qing, Wang Xiangdong, Zhao Laishi, Chen Zhongqiang. 2017. Mercury spikes suggest volcanic driver of the Ordovician-Silurian mass extinction. *Scientific Reports*, 7(1): 5304~5310.
- LI Xinwei, LI Chao, ZHOU Limin, ZHAO Hong: Accurate determinate the age of Ordovician-Silurian boundary in Zheng'an county, Guizhou province by the carbonaceous mudstone Re-Os isotope dating method and its application in paleoenvironmental inversion**
- Keywords: Re-Os isotopic dating; Ordovician-Silurian boundary; paleoenvironmental inversion; Wufeng-Longmaxi Formation organic rich sedimentary rocks**