

# 我国南方二叠纪—三叠纪界线 粘土岩的微量元素特征及其地层意义

张景华

(中国地质科学院地质研究所)

张元纪 王玉琦 陈冰如 孙景信

(中国科学院高能物理研究所)

我国南方广大地区(包括川、黔、桂、湘、赣、闽、浙、皖、鄂等省),在二叠纪和三叠纪的交替时期,广泛地沉积了一至数层蒙脱石—伊利石粘土岩。它们分布面积广、厚度薄(多不超过10cm)、十分稳定。而且顶、底界面都非常平整清晰、颗粒均细、成分单纯,其中未见有任何风化残余物质和生物化石痕迹。甚至在经过氢氟酸处理后,都没有发现孢子花粉、藻类和有机片颗粒。由于二叠纪和三叠纪交替时期,海洋无脊椎动物曾发生了非常突出的变化,生存于晚古生代时的许多重要生物门类,诸如:筳、四射珊瑚、三叶虫及大部分腕足动物都突然地绝灭了,紧接着在中生代早期又出现了一批新的生物类群。根据达尔文的自然选择,适者生存的原则,这种现象可能说明,在这一时期,海洋生物的生态环境发生了异常地变化,使大量生物不能适应而死亡。但,是什么原因引起生态环境发生大变化的呢?则是应该深入研究的课题之一。

近来,世界上有些人推测,在二叠纪和三叠纪交替时期,可能也存在着一个像白垩纪和第三纪交替时期时所发生的小行星撞击地球的地质事件,它曾使世界上最大的爬行动物—恐龙灭绝于世。众所周知,地质历史时期中的任何能够引起地球发生不同程度变化的事件,理所当然地,应在地质记录和生物记录上留下一些蛛丝马迹。因此,我们认

为,对在二叠纪和三叠纪交替时期,广泛沉积于我国南方,并且有十分特殊性质的粘土岩的观察和研究,肯定会对上述问题的解决有所帮助。

由于稀土元素的特殊性质,它一经存在于地质体中,就极易保存,而不易受风化、蚀变和变质作用的影响,特别是不易转移和流失。因此,它是一个很好的地质作用的地球化学指示剂。鉴于此,我们选择了浙江长兴葆菁和四川广元上寺两条剖面,二叠系和三叠系分界处的一层蒙脱石粘土岩及其顶、底板岩石共六个样品,做了中子活化分析,其结果简介如下:

## 一、样品位置及岩性:

### I、浙江长兴葆菁二叠系与三叠系剖面:

Cy-2 黑灰色泥岩,是Cy-1层的顶板,与Cy-1样品相距1cm,属三叠纪。

Cy-1 蒙脱石粘土岩,三叠系之底界层,为方便起见,暂称其为界线粘土岩。

Cp-1 含硅质沥青质灰岩,是Cy-1层的底板,属二叠纪,与Cy-1样品相距30cm。

### II、四川广元上寺二叠系与三叠系剖面:

Gs-25t 灰黑色泥岩,为Gs-25层的顶板,属三叠纪,与Gs-25

样品的间距为1cm。

Gs-25 蒙脱石粘土岩, 为三叠系之底界层, 也暂称为界线粘土岩。

Gs-24 含放射虫的泥质硅质灰岩, 为蒙脱石粘土岩的底板, 与Gs-25样品的间距为5cm, 属二叠系之顶界层。

## 二、分析方法:

样品经风干、磨细(小于100目筛孔), 并放在硅胶干燥器中, 自然干燥数日, 准确称取50毫克, 用纯净的铝箔包好, 备照射用。

工作中所用的多元素分析标准, 采用USGS的标准岩石AGV-1(安山岩), 个别元素采用美国NBS标准参考物质—煤(SRM-1632a)及人工配制的混合标准。

将上述样品和标准, 紧密堆叠在一起, 并放在同一照射容器中。在清华大学核能技术所的游泳池型反应堆中, 照射15个小时, 中子通量为 $1.3 \times 10^{13}$ 中子/厘米<sup>2</sup>·秒。照射的样品和标准经过冷却5、15和30天, 分别在相同的几何条件下测量放射性。所用的仪器是SCORPIO-3000程控 $\gamma$ 谱仪系统。Ge

(Li)探测器的主要性能指标是: 灵敏体积为136厘米<sup>3</sup>; 能量分辨率为1.87Kev; 相对效率为28% (以上均对60Co的1332.4Kev $\gamma$ 射线而言); 峰康比为55.5:1。SCOPIO所获取的谱数据, 利用PDP11/04计算机, 按照GELI-F $\gamma$ 谱分析程序, 进行 $\gamma$ 能谱分析, 以及各种干扰校正。最后打印出样品中各种元素含量的分析结果。(有关仪器中子活化方法见参考文献[4])。

## 三、分析结果:

某些痕量元素的丰度列于表1。从中可以看出, 浙江和四川两地的界线粘土岩样品中, Cs, Hf, Ta, Th, U和Zr的含量明显地高于顶底板样品中的含量, 而且这些元素大多是些亲石族类的酸性元素。相反, 一些亲铁镁族的基性元素, 如Co, Cr, Ni, Sr和Ba, 在界线粘土岩中的含量要低于顶底板样品中的含量。很明显, 这说明粘土岩和顶底板岩石的沉积物质来源可能是完全不同的。

另外, 放射性元素Th与U, 在界线粘土岩中, 表现了异常的高含量, Gs-25样品中达到51.2ppm和11.8ppm, Cy-1样品中达57.8ppm和7.54ppm。都要较顶底板样品中的含量高许多。而它们的Th/U比值分别

四川广元、浙江长兴Perm/Trias之交沉积岩中某些痕量元素的丰度(ppm)

表 1

元 素 样 品 号	Ba	Co	Cr	Cs	Hf	Mo	Ni	Rb	Sb	Sc	Sr	Ta	Th	U	Zr	Th/U	Rb/Sr
Gs-25t	313	8.59	123	8.27	3.4	2.44	56.1	83.2	0.59	8.04	370	0.80	10.1	5.31	173	1.9	9.22
Gs-25	116	7.06	9.15	15.1	15.4	—	9.26	104	0.32	12.0	82	2.62	51.2	11.8	544	4.34	1.27
Gs-24	396	4.36	39.9	3.78	0.89	—	21.7	39.6	0.64	3.64	708	0.23	3.09	2.21	59.3	1.4	0.056
Cy-2	307	15.2	117	14.4	5.37	3.46	31.9	142	4.08	16.3	92.5	1.29	20.3	7.62	268	2.66	1.54
Cy-1	57.2	2.79	10.2	34.3	13.9	2.27	—	116	1.97	17.2	87.4	2.56	57.8	7.54	407	7.67	1.33
Cp-1	55.9	2.85	96.7	15.7	0.73	—	13.0	17.4	0.85	2.69	569	0.15	2.81	3.76	61.7	0.75	0.03

为4.34和7.67。

两个地区六块样品的REE丰度数据列于表2, 其球粒陨石标准化型式, 四川广元的样品结果绘成图1, 浙江长兴的样品结果绘成图2。从图1与图2中可以看出, 两地

区的各三个不同层位样品的球粒陨石标准化的REE型式近于平行, 差别不大。只是Gs-25t的Yb和Lu值比较高, 略显不同。Gs-25和Cy-1二个界线粘土岩的 $\Sigma$ REE值最高, 分别为436和338, 顶板的泥质岩石次之,

Gs-25t为224, Cy-2为188。而底板的含硅质碳酸盐岩的 $\Sigma$ REE值最低,Gs-24为43.3, Cp-1为47.4。这种现象可能是由于粘土岩与泥质岩的离子吸附力强,以及在粘土岩中含有少量的磷灰石、锆石、独居石等重矿物颗粒所造成的。但仅此原因就能使界线粘土

岩的 $\Sigma$ REE值达到如此高的程度是值得怀疑的。它们的REE型式的极其相似性,可能还说明在二叠纪和三叠纪交替时期所沉积的岩层,至少在REE部分,其形成的原因是基本一致的。

四川广元、浙江长兴 Perm/Trias之交沉积岩的REE丰度(ppm)

表 2

元 素 样 品 号	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	La/Sm	La/Yb	$\Sigma$ REE
Gs-25t	46.1	97.9	57.8	8.86	0.99	1.57	9.23	1.49	5.2	4.99	224
Gs-25	90.9	210	106	18.7	1.84	2.42	5.13	0.92	4.9	17.7	436
Gs-24	10.0	18.9	11.0	1.94	0.3	0.29	0.72	0.15	5.2	13.8	43.3
Cy-2	49.2	84.7	40.5	8.57	1.07	1.01	2.92	0.6	5.7	16.9	188
Cy-1	65.2	165	86.1	14	1.29	1.84	3.58	0.68	4.7	18.2	338
Cp-1	11.5	16.3	15.1	2.63	0.35	0.28	1.04	0.18	4.4	11.1	47.4

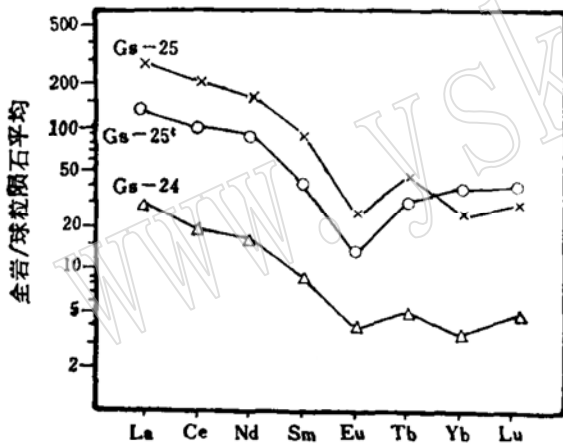


图 1 四川广元全岩样品球粒陨石标准化的REE丰度

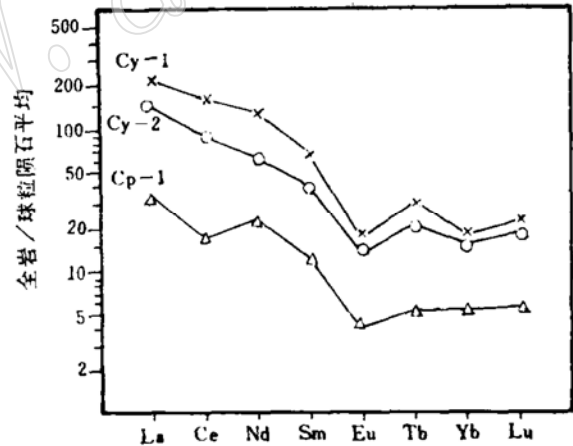


图 2 浙江长兴全岩样品球粒陨石标准化的REE丰度

中国与澳大利亚二叠纪和三叠纪沉积岩、北美地台粘土、

俄罗斯地台粘土的REE组成特征对比表

表 3

样 品 地 点 与 编 号  特 征 值	中国二叠纪和三叠纪沉积岩						澳大利亚二叠纪和三叠纪沉积岩						北 美 地 台 粘 土	俄 罗 斯 地 台 粘 土
	Cy-2	Cy-1	Cp-1	Gs-25t	Gs-25	Gs-24	Pw4	Pw5	Pw7	Pw8	Pw9	Pw10		
$\Sigma$ REE	188	338	47.4	224	436	43.3	263	242	193	167	133	200	144	142
La/Yb	16.9	18.2	11.1	4.99	17.7	13.8	13	14	8.5	17	10	11	10.3	13.1
La/Sm	5.7	4.7	4.4	5.2	4.9	5.2	6.4	6.1	6.3	7.3	6.0	7.0	5.6	4.9
Th/U	2.7	7.7	0.8	1.9	4.3	1.4	4.9	5.9	3.5	6.1	5.4	5.1	—	—

若将我国四川、浙江的样品和与其年代相仿的澳大利亚珀思盆地 (Perth Basin) 的二叠纪和三叠纪的沉积岩 (W. B. Nance 1976) 的REE型式及其组成特征相比较, 其结果见表3和图3。由图可见, 这两个国家虽然相距万里, 但它们样品的REE型式是非常相似的, 只是我国的界线粘土岩的 $\Sigma$ REE值显得更高, 而二叠纪的硅质灰岩又显得过低。Eu值的负异常也较澳大利亚的明显。两地的La/Yb值, 除Gs-25t外也很近似。很显然, 这些样品在地质和岩石条件均有较大变化的情况下, 它们的REE型式竟仍然如此的相似, 是很有意思的。它可能说明沉积环境的变化对REE型式不起重大的影响, 只要是海相沉积, 其型式可能均呈相似形状。

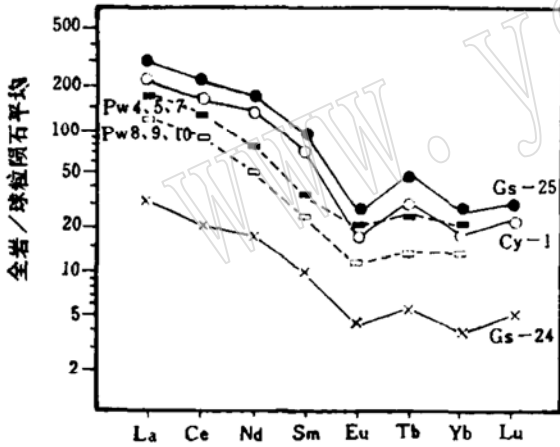


图3 中国、澳大利亚二叠纪与三叠纪沉积岩样品REE标准化型式对比图  
Pw4,5,7为澳大利亚三叠纪页岩; Pw8,9,10为澳大利亚二叠纪亚杂砂岩

我国二叠纪和三叠纪之间的界线粘土岩的REE型式及其组成特征与北美地台粘土岩相比较, 其结果见图4和表3。 $\Sigma$ REE我国的高出2—3倍, La/Yb值北美粘土岩为10.3, 而我国的Gs-25为17.7, Cy-1为18.2, 也要高出许多, 但是它们的La/Sm值却较为接近。

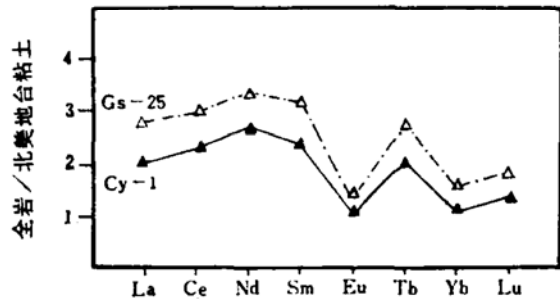


图4 Gs-25、Cy-1样品对北美地台粘土的REE丰度图

四、讨论和质疑:

在我国南方, 代表二叠纪和三叠纪交替时期沉积物的界线粘土岩(即Gs-25和Cy-1)所具有的高丰度元素为Cs, Hf, Ta, Th, U, Zr和稀土元素。而这一层界线粘土岩的顶底板岩层所含有的高丰度元素则为Co, Cr, Ni, Sr和Ba, 两者是迥然不同的。前者是一些酸性的亲石族类元素, 其母体可能与一些酸性的火山活动或岩体有关。而后者则是一些亲铁镁族的基性元素, 其母体可能与某些基性的活动有关。但无论如何, 这说明了界线粘土岩和其顶底板岩石的沉积物质来源是不相同的。

从重矿物分析中见到, 在界线粘土岩中含有少量的磷灰石、锆石、独居石等颗粒, 说明这些物质有可能是来自于陆壳。如果是这样的话, 说明当时地壳在上升, 海水在变浅, 陆壳物质不断地被带入沉积区域。这样的变化很可能意味着有沉积间断的存在。

界线粘土岩及其顶底板岩层的REE球粒陨石标准化型式, 基本上是一致的, 说明REE的形成条件可能是相似的。但是, 界线粘土岩中的 $\Sigma$ REE明显地高水平, 轻稀土的高富集, Eu较明显的负异常, 特别是放射性元素Th和U的高含量, 形成了它的独自特点, 显示了当时奇异的地球化学环境。并可能由此而导致了晚二叠世末期大量海洋无脊椎生物的突然绝灭。这是否意味着在这一时期隐匿着某一地质事件的存在呢?

从二叠纪和三叠纪交替时期所沉积的界线粘土岩及其微量元素的组成特征看,当时的沉积环境、沉积条件和沉积物质的来源可能都有较突然的变化。这种变化不仅表现在地质记录上,也表现于生物记录中,这是显而易见的。但是深究此种变化的原因和恢复当时状况的工作,则是比较困难的。作者认为:在这一时期能够引起上述变化的因素,不外乎有二种。其一,是由于各种不同的原因,引起地球本身发生明显的变动所造成,诸如大面积的、较快速度的板块移动和碰撞;较激烈的地壳升降运动和火山活动等,都会引起海水性质、生态环境及沉积物质的来源发生相当的变化。其二,可能是由于地球以外的宇宙因素所造成的,如小行星对地球的撞击、小星体之间的相互碰撞以及太阳系较激烈的运动所引起的尘埃降落和辐射光热反应等,也可导致同样的变化。遗憾的是我们所做的工作十分有限,证据还很贫乏,究属何原因,尚需今后进一步研究加以证实。不管是何原因,就目前所观察到的地质和生物记录,二叠系和三叠系之间的接触关系不应该是真正的整合关系,而应是似整合

(Paraconformity)的关系。

### 主要参考文献

- [1] 赵金科等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,第2号。
- [2] 杨万容等1981,浙江长兴长兴组和二叠—三叠系界线的沉积特征及微相。同上。
- [3] 杨遵仪等1981,关于我国南方海相二叠—三叠系的界线问题和接触关系。地球科学(武汉地质学院院报),1981第一期。
- [4] 孙景信等1980,月岩(70017—291)的仪器中子活化分析。地球化学,1980年第4期。
- [5] Haskin K. A., Frey F. A., Schmitt R. A. and Smith R. H. (1966) Meteoritic, solar and terrestrial rare-earth distributions. *Physics and Chemistry of the Earth* (editor L. H. Ahrens). Vol. 7, pp. 169-321.
- [6] Nance W. B. and Taylor S. R. (1976) Rare earth element patterns and crustal evolution—1. Australian post-Archean sedimentary rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol. 40, No. 12, pp. 1531-1551.
- [7] Flanagan, F. J. (1973) 1972 Values for international geochemical references ample. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Vol. 37, p. 1189.

## FEATURES OF RARE EARTH ELEMENTS OF PERMIAN-TRIASSIC BOUNDARY CLAY ROCKS IN SOUTH CHINA, WITH ITS STRATIGRAPHIC SIGNIFICANCE

Zhang Jinghua, Zhang Yuanji, Wang Yuqi, Chen Bingru, Sun Jingxin

### Abstract

The montmorillonite-illite clay rocks were extensively deposited in transitional period between Permian and Triassic in south China. We have chosen 6 samples from the boundary clay rocks and apical and base plate of them at Guangyuan Sichuan province and Changxing Zhejiang province. We used

neutron activation analysis method to get results as follows:

1. The contents of Cs, Hf, Ta, Th, U, Zr in samples of boundary clay rocks are clearly higher than those in overlying and underlying strata of them. The ratio of Th/U shows higher anomaly, but the ratio of Zr/Hf is low anomaly (See Table 1).

2. The property about the trace elements in samples of overlying and underlying strata is that the contents of Ba, Co, Cr, Ni, Sr are higher than those in boundary clay rocks (See Table 1).

3. REE data of samples from Zhejiang and Sichuan provinces are shown in table 2 and given in fig. 1-2 after average standardization chondrites. The maximum values of  $\Sigma$ REE for boundary clay rocks at these two regions are 436 and 338 respectively. The  $\Sigma$ REE value of siliceous limestone in underlying stratum is very low as 43.3 and 47.4. And  $\Sigma$ REE value for mud-shale rocks in overlying stratum is 224 and 188 respectively. The similarity of the average REE pattern for boundary clay rocks and the overlying and underlying strata of them illustrates that the origin of REE at part of the origin is alike basically.

4. Comparing the REE pattern with those of Permian subgreywacke and Triassic shale in same age in Australia (B. Nance 1976). It is clear that they are similar or nearly parallel. The value La/Yb is also similar. But Eu negative anomaly is more clear in China (See Table 3 and Fig. 3).

5. Comparing with REE pattern of clay in American platform (L. A. Haskin et al. 1966), we can see that not only  $\Sigma$ REE but also the value of every single element as well as La/Yb, Sm/Eu value in China are 2-3 times higher than those in American platform (See Table 2 and Fig. 4).

As these conclusions above, they illustrate that the geochemical environment and the enrich conditions of rare earth elements are anomalous in China. May be this relates with geological events in the region, but now we do not know exactly. So that we think the Permian and Triassic is not conformable contact, may be paraconformable contact.