

下扬子区二叠纪主要岩石类型 成因的地球化学信息

杜小弟

(中国石油天然气总公司勘探局)

黄志诚 陈智娜 刘家润

(南京大学地球科学系)

[内容提要] 下扬子区二叠系为一套碳酸盐岩、硅质岩和陆源碎屑岩的混合沉积。对灰岩、白云岩、硅质岩和泥质岩进行系统的稀土元素、微量元素分析,依据分析结果论述其成因特征。

关键词 下扬子区 二叠纪 岩石成因 地球化学信息 ①

1 区域地质

下扬子区行政区划上隶属于苏浙皖沪三省一市,构造上属于二叠纪统一南方板块中的下扬子区克拉通地块区^[1]。西北以郟庐断裂为界与华北板块及秦岭海槽相隔,东南部与华夏华南地块间以江绍断裂为界,面积约 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

目前我国对二叠纪地层的划分尚未统一,根据本区实际,将二叠系分为两统四阶,以 *Schwagerina tschernyschewi* 带之底为二叠系之底界,下统包括栖霞阶和茅口阶,上统包括吴家坪阶和长兴阶。

经过几代地质工作者的努力,下扬子区已开展了大量的地层学、沉积学及构造地质学等方面的研究工作^[2,3,4,5,6,7],取得了许多重要成果,积累了丰富的资料。本文依据安徽巢县平顶山鬼门关剖面 and 江苏南京孔山剖面的主要岩石类型的稀土元素、微量元素特征,阐述二叠系主要岩石类型的成因特点。

2 二叠纪地层岩石学及形成环境

下扬子区二叠纪地层的岩石类型有碳酸盐岩、碎屑岩、硅质岩、火山碎屑岩和铝质岩。其中以碳酸盐岩、碎屑岩和硅质岩为主。

2.1 碳酸盐岩及其形成环境

本区的碳酸盐岩以石灰岩为主,白云岩大多以局部白云石化形式出现,未形成明显的白云岩层。

2.1.1 石灰岩

本区灰岩以泥晶颗粒灰岩类、泥晶灰岩类为主,其次是亮晶生物屑灰岩,瘤状灰岩、生物礁岩和大理岩较少。一些灰岩中常混入粘土质、硅质、白云质,形成与泥质岩、硅质岩和白云

① 本文1997年10月8日收修改稿。

岩过渡类型岩石。

泥晶颗粒灰岩:以泥晶生物屑灰岩和生物屑泥晶灰岩为主,极少量泥晶砂屑,未见鲕粒与团块等颗粒,是二叠系灰岩中最主要的岩石类型,主要分布于下统的栖霞组、茅口组和上统的长兴组中。灰岩中生物屑主要有:有孔虫、钙藻类(包括松藻类、蠕孔藻、翁格藻等)、腕足类、三叶虫、软体动物类、海百合、筴、介形虫、苔藓虫、珊瑚等。生物屑在灰岩中所占数量多少不等,最高可达80%。这类灰岩多发育于开阔台地相带和陆棚相带中。

泥晶灰岩类:主要由泥晶方解石组成,常含少量生物碎屑,生物屑门类与颗粒灰岩中的相同,只是生物屑含量大大减少。绝大多数岩石中泥晶方解石重结晶成微晶(5~20 μm),少数成细粉晶(20~50 μm)。该灰岩多发育于下统栖霞组、茅口组中,形成于陆棚相、开阔台地相的深水处及潮坪相。

2.1.2 白云岩

二叠系的白云岩较少,在各组的碳酸盐岩中呈局部或少数不厚的岩层被白云石化而成含灰岩残余结构的白云岩。白云岩多由较均匀的粉晶白云石组成,晶形较完全,岩石中常见交代残余的生物碎屑和残余的泥晶方解石。这类白云岩发育于大隆组泥质硅质岩夹层中,形成于成岩埋藏环境的调整白云岩化作用,被交代的原生灰岩的沉积环境与其共生的硅质岩同为盆地相和深水海湾,不具备形成白云岩的条件,因此这种白云岩的形成与沉积环境无关。

本区还有另外一种白云岩,它主要由白云石晶屑组成,其中白云石晶体呈碎屑状,被泥质、碳质充填其间,称为晶屑白云岩。仅见于南京孔山的龙潭组煤系地层的三角洲前缘相砂体中。

2.2 碎屑岩及其形成环境

研究区内碎屑岩主要由砂岩、粉砂岩和泥质岩组成。

2.2.1 砂岩

常见的砂岩类型有石英砂岩、长石砂岩、岩屑砂岩和长石石英砂岩。石英砂岩以细粒及中粒为主,含少量长石、硅质岩屑和云母,主要由石英组成。石英颗粒磨圆中等,硅质胶结,石英次生长大结构发育,多分布于上二叠统龙潭组三角洲相砂体中。长石砂岩中长石含量大于25%,长石绢云母化强烈,砂岩结构成熟度低,胶结物多为泥质,反映近源沉积的特点。岩屑砂岩中岩屑含量超过25%,其余为石英、长石和云母。岩屑以火山岩岩屑、硅质岩岩屑为主,其次为泥岩岩屑,岩屑呈棱角、次棱角状,多数岩屑发生高岭石化、伊利石化及绢云母化,泥质胶结。分布于龙潭组三角洲相砂体中。

粉砂岩主要分布于龙潭组三角洲前缘砂体中。

2.2.2 泥质岩

矿物成分以伊利石为主,其次是高岭石、绿泥石、绢云母等,蒙脱石因成岩转化而难以辨认。伊利石在一些页岩中因受压实作用而呈定向排列构造。部分粘土矿物呈杂乱分布,这是快速堆积所致,此种泥质岩多在煤系地层的潮坪、沼泽相中。泥质岩中常混入粉砂、硅质、钙质或生物介壳形成过渡类型。在下二叠统孤峰组和上二叠统大隆组的硅质页岩和伊利石页岩中含有直径在1 μm 和1 μm 以下的微球粒,含量达15%,同时伴有橙色淬裂火山灰毛,有些页岩中含有5~20 μm 大小的菌球,其成因有待进一步研究。

2.3 硅质岩及其形成环境

二叠系硅质岩发育,主要分布于下二叠统孤峰组和上二叠统大隆组,少量分布于栖霞组、茅口组。按成因可分为两类。原生的层状硅质岩和交代硅质岩。

2.3.1 原生层状硅质岩

在成分上主要由玉髓、微晶质石英和细粒石英组成,其中常含放射虫、硅质海绵(多见骨针)和各种硅质生物硬壳的细小碎屑。这些层状硅质岩中常夹有泥岩层,泥岩夹层中多含有橙玄火山毛,有些泥岩层已证明为泥化火山碎屑岩。从生物组合和岩石特点看,层状硅质岩应形成于200m水深以下,部分可能达到1000~2000m水深的深坳槽盆地中。

2.3.2 交代硅质岩

该类岩石常在灰岩中出现,硅质交代灰岩而成为燧石结核、燧石透镜或硅质层,或在较大范围和较大厚度交代灰岩成为硅质岩。岩石中常可见灰岩中生物壳残余或结构特征。这种交代硅质岩不能作为环境分析的标志,必须恢复到原岩的结构特征才能对形成环境作出判断。

3 岩石成因的地球化学信息

在研究中测定了南京孔山、巢县平顶山鬼门关两剖面的微晶生物屑灰岩11个样品,交代白云岩2个,层状硅质岩6个,交代硅质岩4个,泥化火山碎屑岩2个,泥质岩15个,共40个样品的微量元素和稀土元素分析,据此来进行岩石成因分析。

3.1 岩石成因的稀土元素特征

各类岩石的稀土元素均具有轻稀土比重稀土含量高,从轻稀土La向重稀土Lu方向含量的逐渐降低,并普遍的Eu亏损,表现为与地壳物质来源相似的稀土含量变化。各类岩石的稀土总量以泥化火山碎屑岩最高 ΣREE 为 223.686×10^{-6} ,其次是泥质岩, ΣREE 为 122.235×10^{-6} ,硅质岩中层状放射虫硅质岩 ΣREE 为 85.336×10^{-6} ,虽不及泥质岩,但其相对含量变化和总量靠近泥质岩,显示层状放射虫硅质岩与泥质岩具有相似的物质来源,只因粘土吸附更多的稀土而含量稍高。交代的硅质岩是硅质交代灰岩形成, ΣREE 为 24.383×10^{-6} ,与灰岩 ΣREE 为 31.102×10^{-6} 很相近,各种元素的含量变化也极为相似,反映两者在成因上的继承性,并在交代过程中有少量元素丢失。交代硅质岩与层状放射虫硅质岩的稀土元素含量相差3倍,表明其成因上的差别。白云岩的 ΣREE 为 42.364×10^{-6} ,接近灰岩的含量,与灰岩有较大的亲缘关系(表1)。

表1 安徽巢县平顶山鬼门关和南京孔山二叠系各类岩石稀土元素含量($w_p/10^{-6}$)

Table 1 REE contents of the Permian rocks in Pingdingshan, Caoxian, Anhui and Kongshan, Nanjing ($w_p/10^{-6}$)

	泥质岩 (N=15)	放射虫燧石岩 (N=6)	交代燧石岩 (N=4)	灰岩 (N=11)	白云岩 (N=2)	火山碎屑岩(泥化) (N=2)
La	29.564	17.975	5.665	7.36	9.23	55.06
Ce	48.122	33.307	9.011	12.013	18.46	65.37
Pr	5.35	3.859	1.038	2.187	2.17	11.53
Nd	19.664	14.463	3.332	4.864	6.507	41.82
Sm	4.746	3.532	0.834	1.07	1.507	11.92
Eu	0.795	0.649	0.102	0.212	0.382	1.27
Gd	3.94	3.311	0.978	0.973	1.294	8.75
Tb	0.674	0.582	0.191	0.183	0.224	1.246
Dy	3.528	2.929	1.10	0.845	1.036	6.974
Ho	0.788	0.656	0.268	0.197	0.222	1.436
Er	2.362	1.919	0.711	0.579	0.628	4.087
Tm	0.371	0.289	0.142	0.092	0.100	0.605
Yb	2.058	1.60	0.865	0.449	0.512	3.179
Lu	0.273	0.256	0.146	0.078	0.092	0.439
ΣREE	122.235	85.336	24.383	31.102	42.364	223.686

3.1.1 泥质岩

在稀土元素的球粒陨石配分曲线图上,泥质岩的REE分布可分为两种型式即I型和II型。

I型: ΣREE 为 $(46.95\sim 282.13)\times 10^{-6}$, $(\text{La}/\text{Sm})_N=3.14\sim 9.85$,分布曲线的轻稀土部分呈右倾斜,为富集型, ΣLREE 为 $(42.26\sim 249.00)\times 10^{-6}$ 。 $(\text{Tb}/\text{Yb})_N=0.76\sim 2.25$,重稀土部分呈缓右倾斜。 δCe 为 $0.286\sim 0.529$,Ce为无异常或极弱异常。 $\delta\text{Eu}=\text{Eu}/\text{Sm}$,且以球粒陨石的Eu/Sm比值0.35为标准,比值大于0.35为正异常,比值小于0.35为负异常,近似于0.35为无异常^[8]。泥质岩的 $\delta\text{Eu}=(0.12\sim 0.20)<0.35$,显示Eu负异常。 $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 为 $7.22\sim 15.37$ (表2)。这种分布型式介于河水与海水的REE分布模式之间^[9](图1-A,B,C),表明泥质岩是地表风化作用形成的泥质成分经河流搬运进入海洋沉积形成,并与海水间发生了稀土元素的交换与迁移。

表2 泥质岩稀土元素特征表
Table 2 REE statistics of the argillaceous rocks in the study area

REE分布 样品	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	$(\text{La}/\text{Sm})_N$	$(\text{Tb}/\text{Yb})_N$	$(\text{La}/\text{Yb})_N$	$(\text{La}/\text{Lu})_N$	δCe	δEu
K-P ₁ q-12-1	46.95	42.26	4.68	9.85	0.76	7.88	7.22	0.497	0.14
K-P ₂ d-5	61.06	54.41	6.66	3.95	1.36	8.91	8.19	0.440	0.17
K-P ₂ d-7-2	152.44	140.4	12.40	7.02	0.78	10.08	9.32	0.505	0.15
K-t ₁ q-1	84.27	75.44	8.82	4.03	1.47	9.83	8.96	0.48	0.19
K-t ₁ q-3	117.34	108.34	9.00	4.19	1.37	8.94	7.99	0.529	0.18
Ach-P ₁ l-1-10-2	131.97	117.85	14.12	4.00	1.59	10.20	9.93	0.501	0.19
Ach-P ₁ q-12-4	83.10	75.35	7.75	4.60	1.44	10.76	10.07	0.481	0.18
Ach-P ₁ q-31-7	54.82	48.96	5.86	3.84	1.93	10.50	8.94	0.464	0.18
Ach-P ₁ g-44-12	282.13	249.00	33.12	3.73	2.25	13.07	12.30	0.433	0.20
Ach-P ₁ g-48-16	141.06	127.79	13.27	4.22	1.26	9.87	8.61	0.466	0.14
Ach-P ₁ g-49-17	262.43	239.90	22.50	4.78	1.50	13.26	12.53	0.475	0.17
Ach-P ₁ y-50-19	178.97	160.67	18.29	3.41	1.73	11.48	10.63	0.429	0.17
Ach-P ₂ l-14-22*	181.92	165.58	16.34	4.36	1.47	12.50	11.71	0.468	0.16
Ach-P ₂ d-22-29	96.538	84.958	11.580	5.20	0.94	9.78	8.92	0.286	0.12
Ach-P ₂ d-27-33	198.05	181.02	17.024	6.41	1.12	15.43	15.31	0.373	0.12
Ach-t ₁ q-29-35	65.386	50.012	15.374	3.03	1.527	7.24	6.64	0.155	0.15
平均(N=16)	129.56	117.00	12.56	4.60	1.31	10.16	9.41	0.43	0.15

II型:仅包括样品Ach-t₁q-29-35。分布曲线的轻稀土部分呈右倾斜,轻稀土较重稀土富集, ΣLREE 为 51.012×10^{-6} , ΣHREE 为 15.374×10^{-6} 。 $(\text{Tb}/\text{Yb})_N=1.527$,重稀土元素分布水平状,属球粒陨石型分布。 δEu 为0.15,为负异常。 δCe 为0.155,为弱负异常。 $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 为6.64(表2)。II型泥质岩的轻稀土分布特点反映了地壳风化作用产物的物源特点。重稀土元素的球粒陨石型分布与大洋拉斑玄武岩REE分布很相近,表明该泥质岩部分来自于海底火山喷发物经海水蚀变的产物及泥质岩中有火山物质的加入。该类型为大隆组顶部沉积,而大隆组时期正是二叠纪构造-火山活动的强烈时期。大隆组中普遍含有火山碎屑物及 1μ 大

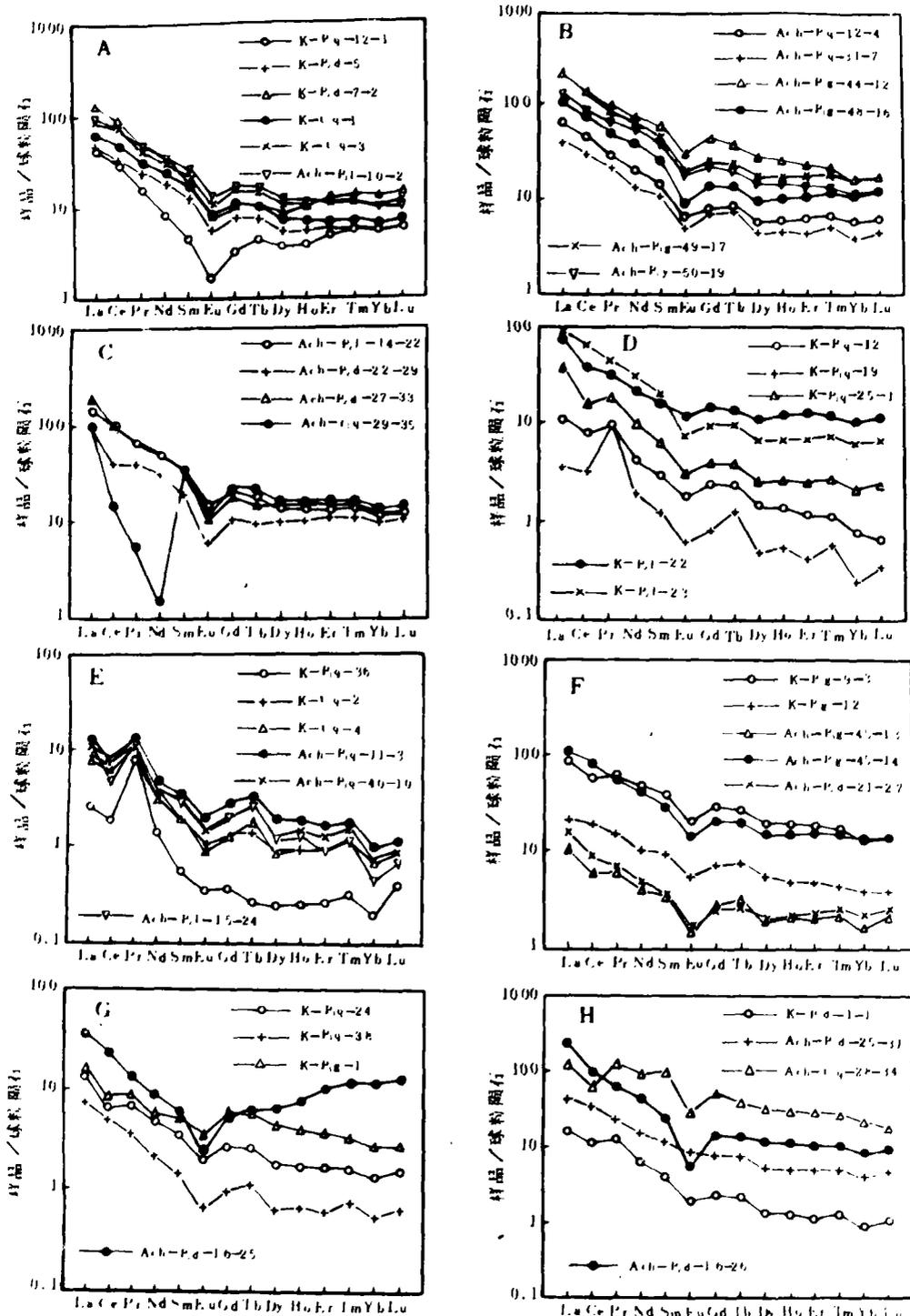


图1 安徽巢县、南京孔山二叠系泥质岩、灰岩、硅质岩、白云岩稀土元素球粒陨石配分曲线
 A、B、C为泥质岩；D、E为灰岩；F为层状燧石岩；G为交代燧石岩；H为白云岩

Fig.1 Chondrite-normalized REE patterns for the Permian argillaceous rocks, limestones, siliceous rocks and dolostones in Caonian, Anhui and Kongshan, Nanjing
 A, B and C represent argillaceous rocks; D and E represent limestones; F represents bedded chert rocks; G represents metasomatic chert rocks, and H represents dolostones

小的微球便是佐证(图1-C)。

3.1.2 灰岩

灰岩的稀土元素分布特点,可分为两种类型,即 I 和 II 型。

I 型灰岩 ΣREE 为 $(4.50\sim 37.20)\times 10^{-6}$, $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 为0.84~5.84, ΣLREE 为4.18~33.85,远大于 ΣHREE , $(\text{Tb}/\text{Yb})_N$ 为0.08~3.34, $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 为0.34~16.85(表3)。其最大特点是具有Eu、Ce同时显示负异常,该稀土元素分布型式与海水的球粒陨石标准化REE分布型式十分接近^[9],反映 I 型灰岩的海相碳酸盐原生沉积的特点(图1-D、E)

表3 灰岩稀土元素特征表
Table 3 REE statistics of the limestones in the study area

REE 分布 样品	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	$(\text{La}/\text{Sm})_N$	$(\text{Tb}/\text{Yb})_N$	$(\text{La}/\text{Yb})_N$	$(\text{La}/\text{Lu})_N$	δCe	δEu
K-P ₁ q-12	15.84	14.09	1.75	3.74	3.09	14.72	16.85	0.35	0.23
K-P ₁ q-19	6.88	6.25	0.63	2.92	5.13	14.79	10.42	0.20	0.19
K-P ₁ q-25-1	37.20	33.85	3.35	5.84	1.80	17.42	16.65	0.27	0.18
K-P ₁ q-36	4.50	4.18	0.33	4.62	1.34	12.73	6.39	0.15	0.24
K-P ₂ l-22	88.46	73.68	14.77	4.58	1.31	7.06	6.26	0.35	0.28
K-P ₂ l-23	114.67	105.34	9.34	4.20	1.55	13.07	12.09	0.48	0.14
K-t ₁ q-2	13.79	12.60	1.19	4.29	1.96	12.47	10.23	0.31	0.18
K-t ₁ q-4	12.04	10.91	1.13	0.84	0.18	0.80	8.76	0.30	0.17
Ach-P ₁ q-11-3	17.60	15.33	2.27	3.74	0.08	1.39	11.39	0.25	0.21
Ach-P ₂ l-15-24	13.34	11.91	1.43	3.84	0.91	3.85	16.48	0.18	0.20
Ach-P ₁ q-41-10	15.54	13.93	1.61	3.48	3.34	13.65	0.34	0.18	12.30
平均	30.90	27.50	3.40	3.83	1.88	10.18	11.42	0.29	0.20

注:样品由南京大学地球科学系中心实验室测定。

I 型灰岩包括K-P₂l-22,K-P₂l-23两个样品。具有稀土元素总量高(ΣREE 为 88.46×10^{-6} 和 114.67×10^{-6}), $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 为4.20和4.58,均大于1,轻稀土分布呈右倾斜。 $(\text{Tb}/\text{Yb})_N$ 为1.31和1.55,接近于1,HREE分布近水平状。 $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 为6.26和12.09(表3)。Eu呈负异常,Ce为正异常或弱的负异常。I型灰岩的稀土元素分布型式与北美页岩的球粒陨石标准化分配型式很相近^[9],反映 I 型灰岩形成过程中受到泥质沉积物的污染和影响。经薄片鉴定K-P₂l-22为含石英砂泥质生物屑灰岩,砂泥质成分占23%,K-P₂l-23为黑色碳质泥灰岩,泥质成分占47%(图1-D)。

3.1.3 硅质岩

原生层状硅质岩在稀土元素的球粒陨石配分曲线上,具有稀土元素总量分布范围宽(ΣREE 为 $14.75\times 10^{-6}\sim 157.15\times 10^{-6}$),轻稀土较重稀土富集, ΣLREE 为 $(12.09\sim 137.2)\times 10^{-6}$, ΣHREE 为 $(2.66\sim 24.53)\times 10^{-6}$ 。 $(\text{La}/\text{Sm})_N$ 为2.23~4.2,平均为3.09,大于1,LREE分布呈右倾斜; $(\text{Tb}/\text{Yb})_N$ 为1.18~1.97,平均1.69,接近1,HREE分布为缓右倾斜至水平状。 $(\text{La}/\text{Lu})_N$ 为4.87~6.14,平均为5.97,整个曲线呈缓右倾斜。 δEu 为0.16~0.22,平均为0.19,呈明显Eu负异常。 δCe 为0.34~0.48(表4),呈弱异常或无异常。硅质岩的稀土元素球粒陨石配分曲线与酸性花岗岩及中基性火山岩的特点极为相似^[9],反映中酸性及基

性火山喷发物提供硅质来源的特点(图1-F)。

表4 硅质岩、白云岩稀土元素特征表
Table 4 REE statistics of the siliceous rocks and dolostones in the study area

REE分布		Σ REE	Σ LREE	Σ HREE	$(La/Sm)_N$	$(Tb/Yb)_N$	$(La/Yb)_N$	$(La/Lu)_N$	δ Ce	δ Eu
放射虫硅质岩	K-P _{1g} -9-3	140.46	115.93	24.53	2.28	1.92	6.20	6.14	0.37	0.21
	K-P _{1g} -12	39.32	32.74	6.58	2.23	1.97	5.48	5.48	0.48	0.22
	Ach-P _{1q} -45-13	14.75	12.09	2.66	2.99	1.88	6.08	4.87	0.34	0.16
	Ach-P _{1q} -45-14	157.15	137.28	19.87	3.73	1.48	8.07	7.56	0.47	0.19
	Ach-P _{2d} -21-27	19.66	16.87	2.80	4.20	1.18	6.89	5.84	0.38	0.17
	平均	74.27	63.00	11.27	3.09	1.69	6.54	5.97	0.41	0.19
交代硅质岩	K-P _{1q} -24	16.50	14.19	2.31	3.55	1.95	9.52	8.22	0.31	0.21
	K-P _{1q} -38	9.32	8.67	0.65	4.87	2.15	13.45	10.98	0.44	0.17
	K-P _{1g} -1	23.43	18.23	5.20	3.05	2.06	5.77	5.64	0.33	0.26
	Ach-P _{2d} -16-25	48.87	39.09	9.78	5.55	0.55	3.06	2.75	0.47	0.15
	平均	24.53	20.05	4.48	4.26	1.68	7.95	6.90	0.39	0.20
白云岩	K-P _{2d} -1-1	22.09	20.41	1.68	4.10	2.44	18.49	15.72	0.36	0.18
	Ach-P _{2d} -25-31	62.84	56.16	6.68	3.77	1.82	10.77	9.23	0.48	0.28
	平均	42.47	38.28	4.19	3.94	2.13	14.63	12.48	0.42	0.23
泥化火山岩	Ach-t _{1q} -28-34	218.61	182.25	36.36	1.27	1.79	5.71	6.96	0.22	0.11
	Ach-P _{2d} -16-25	204.79	191.48	13.31	9.80	0.16	27.00	24.60	0.35	0.09
	平均	211.7	186.87	24.83	5.53	0.98	16.36	15.78	0.28	0.1

注:样品由南京大学地球科学系中心实验室测定

交代硅质岩的稀土元素分布特征可分为两种类型, I型和II型。

I型:包括样品K-P_{1q}-24, K-P_{1q}-38和K-P_{1g}-1。稀土总量 Σ REE为(9.32~23.43)×10⁻⁶,轻稀土较重稀土富集, Σ LREE为(8.67~18.23)×10⁻⁶, Σ HREE仅为(0.65~5.20)×10⁻⁶。(La/Sm)_N为3.05~4.87,LREE分布呈右倾斜。(Tb/Yb)_N为1.95~2.15,HREE分布呈缓右倾斜。(La/Lu)_N为5.64~10.98, δ Ce为0.31~0.44,为负异常—无异常, δ Eu为0.17~0.26(表4),为强负异常,该REE分布型式与海水的球粒陨石标准化型式相近^[9](图1-G)。

前已述及,交代硅质岩是由硅质交代生物屑灰岩形成的,与I型灰岩REE分布型式比较相近,反映两者在稀土元素分布特点上的继承性和成因上的联系。

II型交代硅质岩包括样品Ach-P_{2d}-16-25。它的 Σ REE为48.87×10⁻⁶, Σ LREE为39.09×10⁻⁶是 Σ HREE的4倍。(La/Sm)_N为5.55,LREE分布呈右倾斜。同时(Tb/Yb)_N为0.55,小于1,HREE分布为左倾斜。(La/Lu)_N为2.75, δ Ce为0.47,无异常, δ Eu为0.15,为负异常。该稀土元素分布型式与花岗质岩石的球粒陨石配分型式很相近。反映该交代硅质岩是由于花岗岩体的侵入后期富含硅质热液交代生物屑灰岩形成的(图1-G)。

3.1.4 白云岩

从所分析样品K-P_{2d}-1-1, Ach-P_{2d}-25-31看,它们的共同特点是: Σ LREE大于 Σ HREE,

$(La/Sm)_N$ 大于1, LREE 分布呈右倾斜, $(Tb/Yb)_N$ 接近1(表4)。HREE 分布近水平状, δEu 小于0.35, 为负异常。两个样品也存在着一些差别, 样品K-P₂d-1-1, Ce 负异常, 而样品Ach-P₂d-25-31 为弱正异常, 且 ΣREE 高是样品K-P₂d-1-1 的3倍。从薄片分析看, 两个样品均为生物屑灰岩经白云岩化作用形成, 薄片中可见放射虫、介形虫、腕足生物的残余。矿物成分上, 白云岩由白云石矿物和铁方解石矿物组成。样品K-P₂d-1-1 的成岩作用类型除白云石化作用外, 还发生了去白云石化作用, 样品Ach-P₂d-25-31 仅发生白云石化作用, 看来去白云石化作用使样品稀土总量减少并对稀土元素组成产生了一定的影响(图1-H)。

3.2 岩石成因的微量元素分析

将各类岩石的微量元素采用戈尔德施密特元素地球化学分类, 将所测微量元素分为三组, 即亲石元素, 包括Ce、Ba、Be、Cr、Li、Mn、Nb、Sr、Ti、V、Y、Al、Na、K、Mg、Ca; 亲铜元素包括Pb、Ga、Zn、Cu; 亲铁元素Co、Ni、Mo、P, 并将所测样品的元素丰度与Turekian and Wedepohl (1961) 给定的主要沉积岩中元素平均含量相比, 将比值大于1, 定为正异常, 比值小于1 为负异常, 比值近似1 时, 为无异常。将对对比结果进行统计, 并据统计结果来阐述其成因特点。

3.2.1 泥质岩

多数泥质岩亲石元素负异常, 亲铜元素正异常, 亲铁元素负异常(表5)。

表5 泥质岩、灰岩及白云岩的元素分布表
Table 5 Element distribution in the argillaceous rocks, limestones and dolostones in the study area

异常分布 元素类别		岩性	泥质岩 (N=15)	灰岩 (N=11)	白云岩 (N=2)
亲石元素	正异常		41%	56.3%	68.8%
	无异常		0.4%	2.8%	—
	负异常		58.6%	40.9%	31.2%
亲铜元素	正异常		70.3%	93.2%	87.5%
	无异常		1.6%	—	—
	负异常		28.1%	6.8%	12.5%
亲铁元素	正异常		37.5%	56.4%	80%
	无异常		—	1.8%	—
	负异常		62.5%	41.8%	20%

我们知道亲石元素主要集中在岩石圈, 亲铜元素主要集中在硫化物-氧化物过渡圈, 亲铁元素耐熔, 主要在地球铁-镍核或球外陨石中。多数泥质岩的元素组成特点反映了陆壳物质经风化作用形成的泥质成分, 经搬运进入海洋, 并经海洋环境改造而形成的成因特点。少数泥质岩的亲铁元素正异常与基性、超基性火山活动或陨石撞击有关。

3.2.2 灰岩

灰岩中亲铜元素为正异常, 亲石元素和亲铁元素的正、负异常几乎各占一半。以亲铜元素正异常, 亲铁元素负异常为主要特征的灰岩, 代表着海相碳酸盐岩原生沉积的特点, 该类灰岩的亲石元素可以是正异常或负异常。另一部分灰岩以亲铜元素、亲铁元素正异常, 亲石元素呈正异常或负异常为特征, 说明这类灰岩(如K-P₂l-22, K-P₂l-23)与受基性、超基性火山

物质污染的泥质成分的加入有直接关系。白云岩以亲石元素、亲铜元素和亲铁元素的正异常为特点,尤其是亲铁元素的正异常率达80%,看来在白云岩化的过程中镁的来源与基性、超基性火山活动关系密切。

4 结论

下扬子区二叠系为一套碳酸盐岩、硅质岩和陆源碎屑岩的混合沉积。各岩石类型稀土元素组成特点是有显著差别的。在稀土元素总量上,以泥化火山碎屑岩最高,其次是泥质岩、放射虫硅质岩、白云岩、灰岩,最低的是交代燧石岩。在微量元素组成上,多数泥质岩以亲石元素负异常,亲铜元素正异常和亲铁元素负异常为特征;灰岩以亲铜元素正异常,亲石元素和亲铁元素呈正异常或负异常为特征;白云岩则以亲石元素正异常、亲铜元素正异常和亲铁元素正异常为特征。稀土元素和微量元素所反映的岩石成因特点是一致的,是进行岩石成因分析的有效方法之一。

在成文过程中,蒙长春科技大学资源学院王璞珺教授的资助,特致谢!

参 考 文 献

- 1 刘宝珺等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿. 科学出版社, 1993, P9—12
- 2 张遵信等. 江苏地区下扬子准地台二叠纪生物地层研究. 见: 江苏下扬子准地台震旦纪—三叠纪生物地层. 南京大学出版社, 1988, P263—314
- 3 Jin YuGan, John Utting and Bruce R. Wardlaw. (1944) Permian stratigraphy, Environments and Resources. Volume 1, Palaeontology and Stratigraphy. Nanjing University Press. Palaeoworld No. 4(Special Issue) 1—153
- 4 江纳言等. 下扬子区二叠纪古地理和地球化学环境. 石油工业出版社, 1994, P57
- 5 王立亭等. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用. 地质出版社, 1994, P22—28
- 6 冯增昭等. 中下扬子区二叠纪岩相古地理. 地质出版社, 1991, P160—172
- 7 翟光明等. 中国石油地质志(卷八), 苏浙皖闽油气区. 石油工业出版社, 1992, P23—91
- 8 扬遵仪等. 华南二叠—三叠纪过渡期地质事件. 地质出版社, 1991, P35—61
- 9 田丰等译, P. 亨德森编(1984). 稀土元素地球化学. 地质出版社, 1989

geochemistry of the Permian sedimentary rocks in the Lower Yangtze area

Du Xiaodi

Exploration Bureau, China National Oil and Gas Corporation

Huang Zhicheng Chen Zhina Liu Jiarun

Department of Earth Sciences, Nanjing University

ABSTRACT

The Permian strata is a complex suite of carbonate rocks, siliceous rocks and terrigenous clastic rocks. These rock types differ greatly in REE compositions. The REE amount is highest in argillized pyroclastic rocks, followed by mudstone, radiolarian siliceous rocks, dolostones, limestones, and lowest in metasomatic chert rocks. Judging from the Trace element compositions, the bulk of mudstones are characterized by the lithophile elemental negative anomaly, chalcophile elemental normal anomaly and siderophile elemental negative anomaly; the limestones by the chalcophile elemental normal anomaly, lithophile and siderophile elemental normal anomaly or negative anomaly, and the dolostones by the lithophile, chalcophile and siderophile elemental normal anomaly. The authors contend that the geochemical parameters such as REE and trace elements are helpful to the genetic interpretation of sedimentary rocks.

Key words: Lower Yangtze area, Permian, sedimentary rock genesis, geochemical information