

黔西月亮田矿区龙潭组泥岩地球化学特征及指示意义

周 泽^{1,2}, 慕熙玮², 汪凌霞²

(1. 贵州省煤田地质局 174 队, 贵州 贵阳 550000; 2. 贵州省煤田地质局, 贵州 贵阳 550000)

[摘 要]通过广泛调研前人研究成果、月亮田矿区地勘资料, 区域地质背景, 钻取并测试区内两口钻井的 17 件泥岩样品; 运用地球化学指标指示沉积环境, 对区内龙潭组泥岩地球化学特征及地质意义进行了详细研究。结果表明: 区内龙潭组沉积主体时期长期处于温湿气候, 利于植物繁殖; 古水体以淡水环境为主, 间或有短暂海侵; 沉积水体以贫氧至厌氧的弱氧化至还原性环境为主, 为区域聚煤作用提供了良好条件; 龙潭组物源以来自大陆岛弧的玄武岩为主。研究结果符合贵州省大地构造背景, 不仅进一步佐证了研究区在晚二叠世龙潭期作为沉降区, 长期接受玄武岩物源沉积, 也揭示了古沉积环境及物源区构造背景, 为区域地质研究提供了新的理论支持。

[关键词]龙潭组; 地球化学特征; 沉积环境; 物源分析; 黔西

[中图分类号] P534. 46; P591 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943 (2020)-01-0024-07

月亮田矿区位于贵州省盘县盘江镇境内, 盘关向斜西翼北段, 构造型态总体上为向东倾斜的单斜构造(孔德顺等 2018)。区内由北至南, 煤层走向大致为 NNW-NW, 倾向 NEE-NE, 倾角 $8^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。倾角的变化规律是北陡南缓, 浅部陡而深部缓, 这一变化使区内煤层赋存形态在空间上, 呈南北不同的扭动, 矿区北部煤层倾角在 $25^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 之间, 东西平均宽 1 500 m; 南部煤层倾角在 $14^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 之间。研究区含煤地层为上二叠统龙潭组, 上覆于峨眉山玄武岩组(主要由玄武岩、火山集块岩和凝灰岩组成), 可采煤层有 10 层, 分别是 6^{\pm} 、 $6^{\text{下}}$ 、 $10^{\text{号}}$ 、 $12^{\text{号}}$ 、 16 、 $18_1^{\text{上}}$ 、 $18_1^{\text{中}}$ 、 $18_2^{\text{下}}$ 、19 号和 24 号。其中 6^{\pm} 、12 和 18_1^{\pm} 三层煤全区可采, 厚度稳定, 其它煤层为大部可采或局部可采, 全区煤炭储量丰富; 沉积环境属于三角洲—泻湖—潮坪体系的海陆交互相沉积(向英福等 1989)。前人对月亮田矿区沉积特征的研究主要为沉积环境(杨瑞东 1990)及聚煤规律方面(胡涵等 2014); 对研究区

物源及古沉积环境的研究却不够重视。本次研究过程笔者收集了研究区 2 口钻井的龙潭组泥岩样品共 17 件, 测试分析了样品微量元素及稀土元素, 并据此分析探讨了该区物源、古水体盐度、古气候等特征; 旨在探讨研究区古沉积环境, 为下一步地质工作提供重要的理论依据。

1 元素地球化学特征

1.1 样品采集及测试

测试样品均采集于月亮田矿区 6#、18# 钻孔岩心(图 1), 位于研究中部。主要为灰黑色泥岩或炭质泥岩。6# 钻孔采集 5 件样品, 编号 6-1 至 6-5; 18# 钻孔采集 12 件样品, 编号 18-1 至 18-12。样品稀土元素及微量元素测试均采用美国热电公司的电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS), 在贵州省煤田地质局实验室测定完成(误差小于 10%)。

[收稿日期] 2019-10-14 **[修回日期]** 2019-12-26

[基金项目] 国家科技重大专项(2016ZX05044-001)

[作者简介] 周泽(1990—), 男, 江西南昌人, 中级工程师, 硕士研究生; 研究方向: 煤田地质、地球化学。TEL: 17685062390, E-mail: 565105610@qq.com

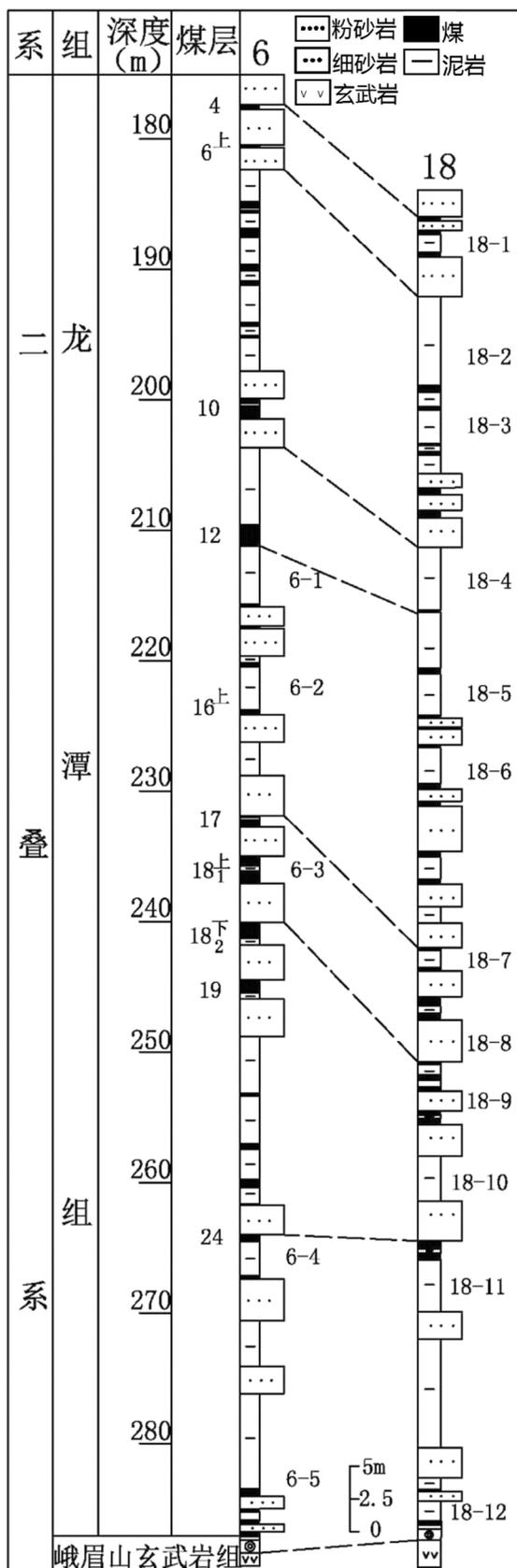


图 1 月亮田矿区钻孔采样柱状图

Fig. 1 Histogram of borehole sampling in Yueliangtian mining area

1.2 微量元素特征

前人研究发现,微量元素在地壳地质作用分异过程中对环境的变化比常量元素更加敏感,反映出的地质情况更丰富(王立亭 1994),指示的古沉积环境更准确^[11]。月亮田矿区微量元素丰度特征见表 1,与上地壳元素丰度相差较大(邓平 1993)。研究区亲石元素中 Sc、Th、U、Ta、Zr 等,亲铜元素中 Cu、Zn、Ga 等,亲铁元素中 V、Cr、Co、Ni 等相对富集,其中 V、Cr、Zr 等元素丰度远超上地壳元素丰度平均值;Rb、Sr、Ba 等元素则有所亏损,丰度略低于上地壳元素丰度平均值。

1.3 稀土元素特征

稀土元素包括轻稀土及重稀土元素,受火山、地壳运动等构造作用的影响而分配不同,并能指示出沉积岩的形成时代;早期的沉积物具贫稀土总量、富重稀土及 Eu 的特征,晚期的沉积物则主要具富稀土总量、贫重稀土及 Eu 亏损的特征(慕熙玮等 2016)。

月亮田矿区龙潭组泥岩样品稀土元素丰度特征见表 2。样品稀土总量(Σ REE)平均为 382 $\mu\text{g/g}$,远高于上地壳(146.4 $\mu\text{g/g}$)、北美页岩(173.21 $\mu\text{g/g}$) (Haskin L A et al 1968)和球粒陨石(65.9 $\mu\text{g/g}$) (Boyn-ton W V 1984),表明稀土总量较为富集;L/HREE平均值为 8.82,表明样品总体富轻稀土、贫重稀土,且分异较明显;(La/Yb)N 平均值 13.13,反映出稀土元素球粒陨石标准化图解中分布曲线的倾斜程度较大,进一步证明分异程度较大,轻稀土元素相对富集; δEu 平均值为 0.82,显示为微弱负异常或无负异常。

通过资料收集于研究,笔者采用采用 Boynton W V(1984)推荐的球粒陨石(Boyn-ton W V 1984)对泥岩样品进行标准化(令 ϕ 为泥岩样品与球粒陨石稀土元素含量比值),采用二次回归方程,绘制出月亮田矿区龙潭组泥岩稀土元素分布模式图(图 2)。据图显示区内 6#钻孔及 18#钻孔泥岩样品稀土分布模式总体特征一致,均属于轻稀土元素相对富集、重稀土元素相对亏损型;且轻稀土段元素斜率明显高于重稀土段元素,表明轻稀土较重稀土元素之间的分馏程度更高;除 18-2 样品 Eu 元素负异常较明显外,其余样品均呈微弱负异常或无异常,表明 Eu 总体微弱亏损;Ce 元素则无异常。

表 1 研究区 6#、18# 钻孔泥岩微量元素丰度特征 (μg/g)

Table 1 The abundance characteristics of trace element (μg/g) of mudstone samples of 6# and 18# well drilling in the study area

参数	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Ba	Th	U	Ta	Zr	Hf	V/(V+Ni)	Sr/Ba	Sr/Cu	Th/U
6-1	30.2	318	111	43.7	88.7	170	123	48	81.6	313	416	14.4	2.5	3.01	578	13.8	0.78	0.75	1.84	5.76
6-2	9.62	16.3	11.1	5.23	28.1	21.1	21.9	37.6	38.2	274	321	52.5	6.13	2.58	184	9.83	0.37	0.85	12.99	8.56
6-3	45.1	470	136	29.7	45.9	317	111	74.5	52.2	409	541	24.4	5.56	0.454	881	22.8	0.91	0.76	1.29	4.39
6-4	46.1	551	202	45.6	112	310	217	69.2	64.4	471	534	20.7	4.75	1.94	791	22.8	0.83	0.88	1.52	4.36
6-5	40.3	488	307	60.6	78.4	218	271	52.5	79.2	457	638	14.6	3.35	4.56	650	17.4	0.86	0.72	2.10	4.36
18-1	39.4	478	263	47	99.4	199	482	57.8	66.5	498	824	14.1	2.92	2.42	574	15.4	0.83	0.60	2.50	4.83
18-2	1.98	10.1	6.36	19.8	22.6	13.3	13.7	5.72	0.177	94.9	23.2	1.62	0.57	0.224	25.7	0.689	0.31	4.09	7.14	2.84
18-3	46.3	504	144	18.6	56	235	103	56.5	10.5	298	486	23.3	4.48	6.93	888	24.1	0.90	0.61	1.27	5.20
18-4	47.2	551	150	11.4	54.7	263	63.5	52.2	8.55	253	359	23.1	4.49	6.48	915	24.5	0.91	0.70	0.96	5.14
18-5	31.1	480	69.3	17	56.7	458	49.7	66.4	12.2	261	398	16.5	3.34	1.21	576	13.4	0.89	0.66	0.57	4.94
18-6	40	439	88.2	13.1	55.9	208	53	57.3	17.2	353	685	26.9	5.24	6.5	769	24.5	0.89	0.52	1.70	5.13
18-7	13.3	107	11.9	11.5	41.5	30.5	19.1	38.4	3.09	114	226	30.6	3.57	1.71	241	9.18	0.72	0.50	3.74	8.57
18-8	34.5	354	155	19.3	71	139	95.8	37.3	5.33	282	504	21.2	4.72	5.64	697	17.5	0.83	0.56	2.03	4.49
18-9	54.8	534	250	17.3	90.4	249	93.5	51.2	8.09	374	978	25.4	5.77	8.07	1012	28.2	0.86	0.38	1.50	4.40
18-10	37.5	397	116	21.9	62.9	202	67.5	57.5	22.3	317	623	26.7	4.81	5.14	660	18.3	0.86	0.51	1.57	5.55
18-11	48	445	206	14.5	54.7	257	74.1	50.6	7.9	253	579	29.9	5.8	8.21	891	25.9	0.89	0.44	0.98	5.16
18-12	49.9	525	276	24.5	101	323	73	50.2	5.72	307	604	23.5	4.83	7.76	826	22.8	0.84	0.51	0.95	4.87
平均值	36.19	392	147	24.7	65.88	212.5	113.64	50.76	28.42	313	514.07	22.91	4.28	4.28	656.39	18.30	0.79	0.83	2.63	5.21
上地壳平均 ^[11]	11	60	35	10	20	25	71	17	112	350	550	10.7	2	2.2	190	5.8				

表2 研究区6#、18#钻孔泥岩稀土元素丰度特征(μg/g)

Table 2 The abundance characteristics of Rare earth elements (μg /g) of mudstone samples of 6# and 18# well drilling in the study area

参数	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	L/HREE	(La/Yb) _N	(La/Lu) _N	(Ce/Yb) _N	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N	δEu	δCe	Ceanom
6-1	79.2	161.0	19.3	74.2	12.5	3.0	11.4	2.3	12.6	2.7	7.3	1.2	4.7	0.8	392	8.12	11.31	9.91	8.82	3.99	1.95	0.76	0.99	-0.03
6-2	41.0	81.4	9.5	35.2	6.7	0.8	6.6	1.3	6.8	1.4	3.7	0.6	2.7	0.4	198	7.39	10.16	10.09	7.74	3.86	1.96	0.37	0.99	-0.03
6-3	140.0	294.0	36.8	146.0	26.8	6.7	22.8	3.7	21.3	3.5	10.2	1.5	6.4	1.0	721	9.23	14.75	13.98	11.88	3.29	2.87	0.83	0.99	-0.02
6-4	136.0	278.0	34.3	135.0	23.0	5.5	18.0	3.4	19.7	3.3	8.8	1.2	6.0	1.0	673	9.98	15.31	14.75	12.00	3.72	2.42	0.83	0.98	-0.03
6-5	77.7	165.0	22.2	93.0	18.6	5.3	17.3	2.8	13.5	2.4	5.9	1.0	4.0	0.6	429	8.05	13.26	13.82	10.80	2.63	3.53	0.89	0.96	-0.03
18-1	88.6	182.0	23.7	96.4	17.7	4.3	14.1	2.5	12.5	2.5	6.9	1.0	5.2	0.9	458	9.06	11.55	9.98	9.11	3.15	2.20	0.83	0.96	-0.03
18-2	12.0	22.4	2.6	10.2	2.2	0.4	2.9	0.4	2.3	0.6	1.1	0.2	0.9	0.1	58	5.89	8.65	10.65	6.20	3.46	2.47	0.43	0.96	-0.06
18-3	84.3	170.0	20.4	77.9	13.4	3.4	12.2	1.9	9.8	2.1	5.5	0.7	3.7	0.7	406	10.11	15.49	12.88	11.98	3.96	2.68	0.81	0.99	-0.03
18-4	68.8	132.0	15.6	56.1	10.5	3.0	10.3	1.9	9.8	1.5	4.6	0.8	3.4	0.4	319	8.75	13.68	18.96	10.07	4.12	2.45	0.88	0.97	-0.04
18-5	132.0	282.0	36.4	148.0	27.6	6.4	19.5	3.4	14.2	2.2	7.8	1.2	5.2	0.7	687	11.67	17.02	20.77	13.95	3.01	3.01	0.85	0.98	-0.02
18-6	78.8	146.0	17.4	61.5	10.5	2.8	13.3	2.5	14.0	2.5	7.0	0.9	5.5	0.7	363	6.83	9.62	11.91	6.84	4.72	1.94	0.72	0.95	-0.05
18-7	52.3	109.0	13.3	53.1	9.8	2.0	7.4	1.1	6.2	0.7	3.5	0.5	2.0	0.4	261	11.01	17.81	15.48	14.24	3.34	3.02	0.71	0.99	-0.02
18-8	48.9	94.9	11.8	45.5	9.5	2.9	7.8	1.3	8.3	1.4	4.2	0.8	3.3	0.5	241	7.72	9.96	9.44	7.42	3.24	1.91	1.01	0.95	-0.05
18-9	55.9	93.6	11.4	40.6	8.0	2.6	8.3	2.0	8.9	1.4	3.8	0.8	2.7	0.6	241	7.42	13.75	10.46	8.84	4.40	2.45	0.98	0.89	-0.09
18-10	94.4	200.0	23.3	86.7	14.7	3.5	11.2	2.8	12.8	2.1	6.0	1.1	3.9	0.7	463	10.43	16.40	13.73	13.33	4.04	2.33	0.83	1.03	-0.01
18-11	57.7	97.4	11.9	43.1	8.4	2.5	10.0	1.7	9.1	1.7	4.3	0.8	3.1	0.5	252	7.09	12.75	10.92	8.26	4.34	2.64	0.82	0.89	-0.09
18-12	64.8	128.0	16.0	60.5	11.6	3.5	10.7	2.2	12.8	2.1	7.3	1.2	4.7	0.6	326	6.84	9.28	11.18	7.03	3.51	1.83	0.96	0.96	-0.04
平均值	77.2	155.1	19.2	74.3	13.6	3.4	12.0	2.2	11.4	2.0	5.8	0.9	4.0	0.6	382	8.82	13.13	12.88	10.12	3.57	2.44	0.82	0.97	-0.03

注:φLREE = La+Ce+Pr+Nd+Sm+Eu; HREE = Gd+Tb+Dy+Ho+Er+Tm+Yb+Lu; ΣREE = LREE+HREE; L/HREE 为 LREE 与 HREE 的比值; φδEu = Eu_N / (Sm_N × Gd_N)^{1/2}; φδCe = Ce_N / (La_N × Pr_N)^{1/2}; φ_N 代表球粒陨石标准化。实验测试工作由中国矿业大学分析测试中心完成。

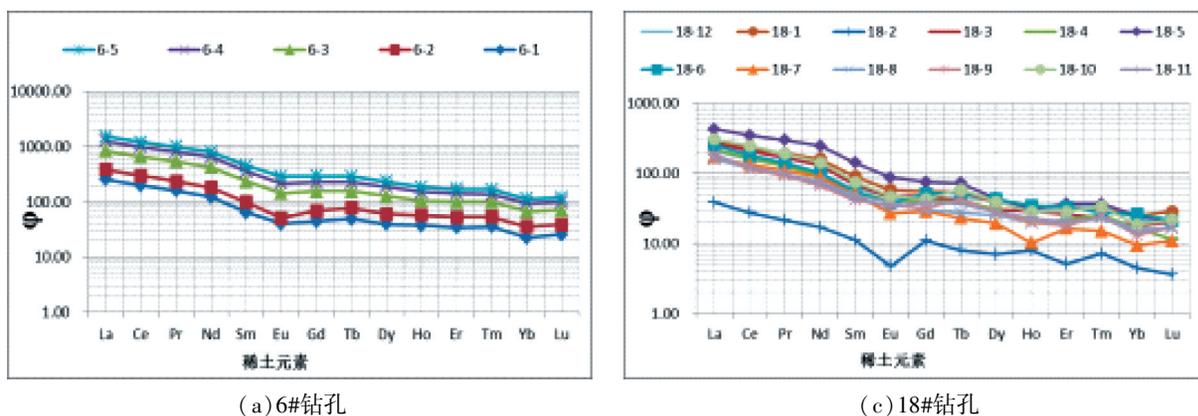


图2 研究区6#、18#钻孔龙潭组泥岩稀土元素分布模式图

Fig. 2 Distribution pattern of rare earth elements in mudstone of 6# and 18# well drillings of the Longtan formation

2 指相意义

前人认为泥岩的地球化学特征可反映出丰富的地质意义,沉积时期的古气候、水体理化性质、物源等均能得到体现,从而能揭示古沉积环(邓宏文等 1993)。笔者根据区内两口钻孔龙潭组泥岩样品的测试分析数据,探讨了矿区龙潭组沉积时的古沉积环境及物源特征。

2.1 古气候

沉积岩微量元素的地球化学特征能反映古沉积环境气候变化信息,对古气候的恢复具有指示意义。其中以 Sr/Cu 元素比值指标最为常用,作为古气候指标,比值小于 10 时指示温湿气候,大于 10 时指示干热气候(李春荣等 2008)。根据表 1 统计结果显示,Sr/Cu 比值除 6-2 号龙潭晚期样品略超过 10,其余 16 件样品均小于 10。表明研究区内龙潭组沉积主体时期长期处于温湿气候,利于植物繁殖,为区内成煤作用提供了有利条件。

2.2 古盐度

沉积岩微量元素的地球化学特征同时也能指示古水体盐度,其中具有较高应用性的包括 Th/U、Sr/Ba 等元素比值(郑一丁等 2015)。

放射性钍、铀元素在沉积岩的风化过程中表现出的特性不一致,钍表现为残留在沉积物中或吸附于粘土矿物上,铀则易氧化和淋失。前人研究认为,淡水沉积环境下形成的沉积岩 Th/U 值较高,可达 7 以上;而海水沉积环境下发育的岩层中,Th/U 值不到 2;认为可用 Th/U 比值判断古水体盐度(邓平 1993)。根据表 1 统计结果,Th/U

比值除 18-2 号样品为 2.84 偏小外,其余样品介于 4.36~8.57 之间,平均为 5.21,显示古水体以淡水环境为主,并间或有短暂海侵。

此外,前人研究认为 Sr/Ba 在海相沉积物中和陆相沉积物中差异明显,通常小于 1.0 为淡水,1.0~10.0 为半咸水,大于 10.0 为咸水来作为陆相、过渡相和海相的划界限(慕熙玮等 2016)。表 1 统计结果显示 Sr/Ba 比值除 18-2 号样品为 4.09 偏大外,其余样品均小于 1;显示龙潭组主体沉积时期以淡水环境为主,受海水影响较小;与 Th/U 值结果一致。

2.3 氧化还原环境

古水体氧化还原状态的变化主要是利用变价元素在不同氧化还原状态下赋存和富集含量的差异进行推测;前人研究认为,Ce 元素异常、Th/U、V/(V+Ni) 值等参数在指示氧化还原环境时具有较好表现(任海鹰等 2016)。具体判断指标如下:(1) $Ce_{anom} = \lg [3Ce_N / (2La_N + Nd_N)]$ 指示 Ce 异常,判别古缺氧环境,当 $Ce_{anom} > 0$ 时,Ce 富集,水体为氧化环境;当 $Ce_{anom} < 0$ 时,Ce 亏损,水体为还原环境(Brumsack H J 2006);(2) Th/U 比值在 0~2 之间,水体为缺氧环境,大于 8 则为强氧化环境(Dymond J et al 1992);(3) V/(V+Ni) 比值为 0.4~0.6 之间,水体为贫氧环境,0.6~0.84 之间为厌氧环境,大于 0.84 时指示水体分层及底层水体中出现 H₂S 的厌氧环境(王鹏万等 2011)。

根据表 1 统计结果:(1) 研究区实验样品 Ce_{anom} 值介于 -0.09~-0.01,均小于 0,Ce 亏损,表明沉积水体以还原性环境为主;(2) Th/U 值为 2.84~8.57,平均为 5.21,仅 6-2 及 18-7 号两件样品 Th/U 比值超过 8,表明沉积水体以弱氧化环境为主;

(3) $V/(V+Ni)$ 值为 0.37~0.91, 平均为 0.79, 表明水体为贫氧至厌氧环境。综合以上研究认为, 研究区沉积水体以贫氧至厌氧的弱氧化至还原性环境为主, 为区域聚煤作用提供了良好条件。

2.4 物源分析

中二叠世晚期至晚二叠世早期, 伴随川滇隆起带东侧的南北向断裂带间歇性发生的大规模的裂隙式玄武岩喷溢, 西部地区广泛隆起成为山地, 经受长期剥蚀作用; 晚二叠世龙潭期, 贵州处于江南—雪峰古陆和云开山地一线以西的西部沉降区, 长期接受物源沉积(熊孟辉等 2006)。推测研究区龙潭组主体沉积时期物源以玄武岩为主。为验证这一推测, 笔者根据沉积物中微量元素及稀土元素的特征参数及其配分曲线模式判别源区的物质组成, 加以验证, 并推测其物源区构造背景。

2.4.1 物源区物质组成

物源区物质组成不同, 其稀土元素的特征参数便相应不同, 花岗岩母岩发生于的沉积岩多具负 Eu 异常, 玄武岩母岩形成的沉积岩多无 Eu 异常(朱如凯等 2002)。根据表 2 统计结果, 研究区龙潭组泥岩样品 δEu 值介于 0.37~1.01, 平均为 0.82, 无负异常, 显示该区龙潭组物源以玄武岩为主。一般认为, 稀土元素的特征参数及其配分曲线模式可判别物源区的物质组成(涂春霖等 2015), 研究区龙潭组泥岩样品 $La/Yb-\Sigma REE$ 图

解(图 3)显示区内样品测试数据主要分布于玄武岩与花岗岩交汇区域。结合 δEu 值判断法结果, 综合认为研究区龙潭组物源以玄武岩为主。

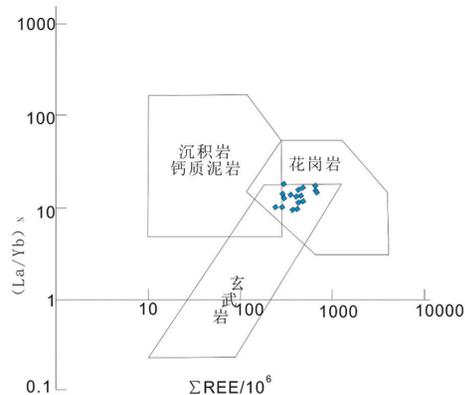


图 3 研究区泥岩 $La/Yb-\Sigma REE$ 图解

Fig. 3 Diagram of $La/Yb-\Sigma REE$ of mudstone in the study area

2.4.2 物源区构造背景

物源区构造背景的研究可根据 La 、 Th 、 Sc 、 Zr 等活动性较低的稀土或微量元素特征进行推断(赵振华 2007)。目前常用的研究方法主要是 Bhatia 等建立的 $La-Th-Sc$ 及 $Th-Sc-Zr/10$ 构造环境的判别图解(Bhatia M R 1985)。笔者根据研究区元素测试结果绘制研究区龙潭组泥岩样 $La-Th-Sc$ 及 $Th-Sc-Zr/10$ 物源区判别三角图(图 4), 结果显示区内龙潭组泥岩样品的相应测试结果大多分布于大陆岛弧区域; 即沉积物源主要来自大陆岛弧。

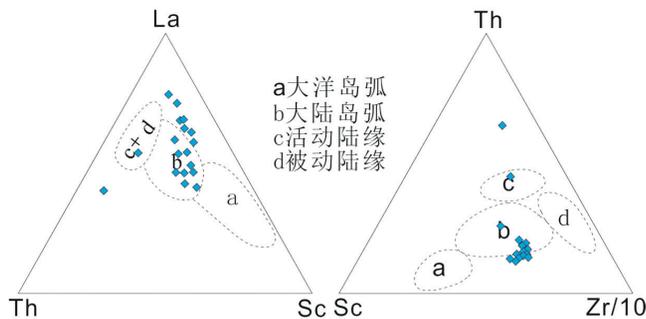


图 4 研究区龙潭组泥岩样 $La-Th-Sc$ 及 $Th-Sc-Zr/10$ 物源区判别图解

Fig. 4 Discriminant diagram of source area based on $La-Th-Sc$ and $Th-Sc-Zr/10$ of mudstone samples from the Longtan formation in the study area

3 结论

(1) 微量元素方面, 区内亲石元素中 Sc 、 Th 、 U 、 Ta 、 Zr 等, 亲铜元素中 Cu 、 Zn 、 Ga 等, 亲铁元素中 V 、 Cr 、 Co 、 Ni 等相对富集; Rb 、 Sr 、 Ba 等元素则有所亏损。

(2) 稀土元素方面, 区内 ΣREE 平均为 $382 \mu g/g$, 较为富集; 总体富轻稀土、贫重稀土, 分异较明显; δEu 平均值为 0.82, 显示为微弱负异常或无负异常。

(3) 古沉积环境方面, 区内龙潭组沉积主体时期长期处于温湿气候, 利于植物繁殖; 古水体以淡水环境为主, 间或有短暂海侵; 沉积水体以贫氧至厌氧的弱氧化至还原性环境为主, 为区域聚煤作

用提供了良好条件。

(4)物源方面,区内龙潭组物源以玄武岩为主,物源主要来自大陆岛弧。

[参考文献]

邓宏文,等著. 1993. 沉积地球化学与环境分析[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,15-27.

邓平. 1993. 微量元素在油气勘探中的应用[J]. 石油勘探与开发,20(1):27-32.

胡涵,曾勇. 2014. 贵州六盘水矿区上二叠统含煤沉积相研究[J]. 煤炭科学技术,(4):21-25.

孔德顺,王鲁凤. 2018. 六盘水矿区煤炭及煤化工产业发展的思考[J]. 化学工程师,(8):43-45.

李春荣,陈开远. 2008. 潜江凹陷潜江组元素演化特征及其古气候意义[J]. 石油地质与工程,21(6):18-21.

慕熙玮,周泽. 2016. 六盘水矿区龙潭组元素地球化学及古沉积环境特征[J]. 中国煤炭地质,(07):1-5+25.

任海鹰,葛运华. 2016. 织金煤田中寨矿区晚二叠世泥岩地球化学特征及沉积环境意义[J]. 中国煤炭地质,28(2):7-10.

涂春霖,郭英海,胡敏,等. 2015. 阳泉矿区泥岩地球化学特征及地质意义[J]. 煤炭科学技术, 43(03):115-120.

王立亭. 1994. 贵州古地理的演变[J]. 贵州地质,(2):133-139.

王鹏万,陈子料,李娴静,等. 2011. 黔南坳陷上震旦统灯影组地球化学特征及沉积环境意义[J]. 现代地质,25(6):1059-1065.

熊孟辉,秦勇,易同生. 2006. 贵州晚二叠世含煤地层沉积格局及其构造控制[J]. 中国矿业大学学报,35(6):778-782.

向英福,陈宗富. 1989. 贵州晚二叠世沉积相及其演变规律探讨[J]. 贵州地质,6(3):191-202.

杨瑞东. 1990. 贵州晚二叠世硅质岩类型及沉积地球化学特征[J]. 贵州地质,(3):171-175.

朱如凯,郭宏莉,何东博,等. 2002. 中国西北地区石炭系泥岩稀土元素地球化学特征及其地质意义[J]. 现代地质,16(2):130-136.

郑一丁,雷裕红,张立强,等. 2015. 鄂尔多斯盆地东南部张家滩页岩元素地球化学、古沉积环境演化特征及油气地质意义[J]. 天然气地球科学,26(7):1395-1404.

赵振华. 2007. 关于岩石微量元素构造环境判别图解使用的问题[J]. 大地构造与成矿学,31(1):92-103.

Bhatia M R. 1985. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywackes and mudrocks; Provenance and tectonic control [J]. Sedimentary Geology,45(1-2):97-113.

Boynton W V. 1984. Geochemistry of the rare earth elements; meteorite studies. In: Henderson, P. (Ed), Rare earth element geochemistry [M]. Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Co., 63-114.

Brumsack H J. 2006. The trace metal content of recent organic carbon-rich sediments: Implications for Cretaceous black shale formation [J]. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.,232: 344-361.

Dymond J, Suess E, Lyle M. 1992. Barium in deep-sea sediment: A geochemical proxy for paleoproductivity [J]. Paleoceanography,7(2): 163-181

Haskin L A, Haskin M A, Frey F A, et al. 1968. Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths [J]. Origin & Distribution of the Elements,889-912.

Geochemical Characteristics and Significance of Mudstone of the Longtan Formation in YueLiangtian Mining Area, Western Guizhou

ZHOU Ze^{1,2}, MU Xi-wei², WANG Ling-xia²

(1. 174 geological team of Coal Mine Exploration of GuiZhou Provice, Guiyang 550000, Guizhou, China;
2. Coal Mine Exploration of Guizhou Province, Guiyang 550000, Guizhou, China)

[Abstract] The geochemical characteristics and geological significance of mudstone of the Longtan formation are studied in detail through extensive investigation of previous research results, geological data, regional geological background and 17 mudstone samples from two drilling Wells. The results showed that the main sedimentary period of the Longtan formation was in a warm and humid climate for a long time, which was conducive to plant reproduction. The ancient water bodies were dominated by fresh water environment with occasional transgression. The sedimentary water body is dominated by weak oxidation to reductive environment from poor oxygen to anaerobic, which provides good conditions for regional coal accumulation. The source of the Longtan formation is basalt from mainland island arc. The results are in line with the tectonic background of guizhou province, which not only further proves that the study area, as a subsidence area in the late Permian Longtan period, accepted the basalt source sediments for a long time, but also reveals the paleosedimentary environment and the tectonic background of the provenance area, providing theoretical support for regional geological research.

[Key Words] The Longtan Formation; Geochemical characteristics; Sedimentary environment; Provenance analysis; Western Guizhou