

of oil and gas; Meihuaiqiao sub-sag; near source hydrocarbon accumulation

Acknowledgements: The authors would like to thank the Sinopec for the financial support (No. SG10049). All the editors and anonymous reviewers are gratefully acknowledged

First author: YUAN Zhihua, born in 1967, professor, mainly engaged in the research of oil and gas microbial exploration and development; Email: yzh_mpog@163.com

Corresponding author: ZHAO Qing, born in 1982, senior engineer, mainly engaged in the research of oil and gas accumulation and resource evaluation; Email: kaix_zc@163.com

Manuscript received on: 2021-02-05; Accepted on: 2021-04-21; Network published on: 2021-05-20

Doi: 10. 16509/ j. georeview. 2021. 04. 216

Edited by: LIU Zhiqiang

黔北桐梓—金沙一带发现晚二叠世煤富集稀土、锂金属元素

杨瑞东^{1,2)}, 郑祿林³⁾, 程伟³⁾, 高军波^{1,2)}, 陈军^{1,2)}, 孙百川^{1,2)}, 张衍^{1,2)}

1) 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵阳, 550025;

2) 贵州大学 喀斯特地质资源与环境教育部重点实验室, 贵阳, 550025;

3) 贵州大学矿业学院, 贵阳, 550025



www.
geojournals.cn/georev

通过对黔北桐梓、金沙煤矿调查及取样、样品分析测试, 发现桐梓、金沙煤层普遍具有稀土和锂元素高富集特征, 其

中稀土和锂元素含量明显高于我国煤中稀土平均值(138 μg/g)和锂平均值(31.8 μg/g)(王登红



图1 黔北桐梓、金沙煤结构特征

Fig. 1 The coal composition in Tongzi and Jinsha County, northern Guizhou Province

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号: U1812402, 51964009)、贵州省科技厅项目(编号: 黔科合平台人才[2018]5613)的成果。
收稿日期: 2021-09-05; 改回日期: 2021-09-10; 网络首发: 2021-09-20; 责任编辑: 章雨旭。Doi: 10. 16509/ j. georeview. 2021. 09. 055
作者简介: 杨瑞东, 男, 1963年生, 教授, 博士生导师, 主要从事矿床学及地球化学研究; Email: rdyang@gzu.edu.cn。

表1 黔北桐梓、金沙煤中金属元素含量($\mu\text{g/g}$)Table 1 Li and REY content ($\mu\text{g/g}$) in coal in Tongzi and Jinsha, northern Guizhou Province

	Li	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	Σ REY
JSLF2	76	24.7	50	5.6	21.8	4.36	0.87	3.48	0.56	3.31	0.68	1.98	0.29	1.69	0.26	17.9	138
JSLF3	37	103.0	215	24.8	99.7	19.85	4.19	14.45	2.02	11.15	2.21	5.90	0.85	4.92	0.74	54.6	563
JSLF4	56	194.5	303	32.7	117.5	15.05	3.18	7.50	0.98	5.63	1.21	3.59	0.55	3.32	0.56	33.4	723
JSLF5	347	54.8	252	15.8	61.6	15.00	3.83	13.55	2.38	13.20	2.54	7.41	1.16	7.27	1.13	57.6	509
TZHQ0	253	140.0	283	38.5	152.5	29.80	4.14	23.20	3.67	21.50	4.51	12.10	1.83	11.10	1.67	134.0	862
TZHQ1	193	124.5	217	28.1	108.5	20.60	2.10	18.70	3.08	18.25	3.90	10.65	1.58	9.45	1.38	127.0	695
TZHQ4	60	75.6	145	18.4	70.6	14.95	1.17	15.65	2.89	17.85	3.84	10.90	1.67	10.40	1.54	113.5	504
TZHQ5	114	108.5	197	23.0	81.1	14.25	0.97	11.35	1.78	9.84	1.93	5.09	0.76	4.50	0.64	58.6	519
TZHQ6	57	39.9	69	7.6	25.7	4.68	0.47	4.10	0.66	3.59	0.70	1.77	0.26	1.52	0.22	21.5	182

,2019; 代世峰等,2020),而且稀土和锂含量比我国山西、内蒙古等地富稀土、锂等煤含量还要高,黔北煤中稀土、锂等金属元素含量如此之高在全国实属罕见,而且在这些煤矿废水中发现稀土元素超富集现象,其对研究煤层中稀土元素浸出机理提供了天然的实验场所。因此,揭示该区域煤中高富集稀土、锂等金属元素的富集特征、富集原因,废水中金属元素浸出机理是本次研究目的。

1 研究方法

黔北煤田资源丰富,桐梓县煤炭储量4.7 Gt,金沙县煤炭储量4.5 Gt。黔北金沙、桐梓二叠系含煤岩系厚86~257 m,含煤1~55层,煤层厚度1.69~28.54 m,可采煤层1~12层,可采煤层厚度1.07~14.81 m。金沙、桐梓可采煤层5层,可采煤层厚度5~10 m。主要煤层为2~9,10,14,15,16,20,23,27煤层(图1)。对金沙主采煤层9号、15号煤层和桐梓15号煤层进行采样,在澳实(广州)矿物实验室采用四酸消解法电感耦合等离子体发射光谱(美国Agilent 5110)与质谱(美国Agilent 7900)方法(ME-MS61r)测定超痕量元素和稀土元素含量,熔融法电感耦合等离子体质谱(美国Agilent 7900)方法(ME-MS81)测定稀土元素的含量。共采集15件煤样,测试煤样品9件。

2 研究结果

调查发现桐梓、金沙上二叠统龙潭组9、15煤层富含锂、稀土元素,金沙和桐梓煤矿煤中稀土元素总量范围分别为137~723 $\mu\text{g/g}$ 和181~862 $\mu\text{g/g}$,煤中锂元素含量范围分别为55~72 $\mu\text{g/g}$ 和113~253 $\mu\text{g/g}$ (表1),其中稀土元素含量和锂元素含量比贵州普安煤层(杨瑞东等,2017)更高,而且明显高于我国煤中稀土平均值(138 $\mu\text{g/g}$)和锂平均值(31.8 $\mu\text{g/g}$)(代世峰等,2020),具有显著富集锂和稀土元素的特征。

同时,贵州大学资源与环境工程学院对煤矿废水测试,发现废水中超富集稀土元素,在桐梓煤矿水中稀土元素含量可高达10000 $\mu\text{g/L}$,金沙煤矿水中稀土元素含量高达5500 $\mu\text{g/L}$ 。

在桐梓、金沙煤中发现大量的钙质膜、黄铁矿等(图1),金属元素富集可能与方解石、黄铁矿等矿物有关,这与煤受到后期热液作用有关,与峨眉山玄武岩风化形成的富稀土黏土物质加入有关(汪龙波等,2020)。在金沙、桐梓煤矿废

水中稀土元素含量明显偏高,这与煤中稀土元素含量较高有关,说明煤中稀土元素容易浸出,也暗示金沙和桐梓煤矿中可能存在吸附型稀土组分,因此,很有必要对其开展研究,探讨稀土元素浸出机理,这对煤中金属元素提取技术研究具有重要意义。

3 结论

(1)发现桐梓、金沙上二叠统龙潭组煤层富含锂、稀土元素,金沙和桐梓煤矿煤中稀土元素总量范围分别为137~723 $\mu\text{g/g}$ 和181~862 $\mu\text{g/g}$,煤中锂元素含量范围分别为55~72 $\mu\text{g/g}$ 和113~253 $\mu\text{g/g}$,其含量远高于我国煤中稀土平均值(138 $\mu\text{g/g}$)和锂平均值(31.8 $\mu\text{g/g}$)。该区域煤层及围岩具有关键金属元素矿床找矿前景。

(2)桐梓、金沙煤矿废水中超富集稀土元素,不仅与煤中稀土元素富集相关,也可能与煤中金属元素为吸附型有关,或者与特殊的环境条件(pH、温度、氧化环境等)有利于金属元素浸出有关。因此,桐梓、金沙煤矿废水场地,为煤中稀土元素浸出机理研究提供有利的研究场所。

参 考 文 献 / References

- 代世峰,赵蕾,魏强,宋晓林,王文峰,刘晶晶,段飘飘. 2020. 中国煤系中关键金属资源:富集类型与分布. 科学通报, 65(33): 3715~3729.
- 王登红. 2019. 关键矿产的研究意义、矿种厘定、资源属性、找矿进展、存在问题及主攻方向. 地质学报, 93(6): 1189~1209.
- 汪龙波,高军波,杨瑞东,戴玉皇,徐海,叶琼. 2020. 黔西北上二叠统宣威组底部富铋多金属层地球化学特征研究. 地质论评, 66(6): 1696~1709.
- 杨瑞东,程伟,高军波,陈军,陶振鹏,魏环瑞,沈明联,李士彬. 2017. 黔西南煤层中铋、铀、钒和锂元素富集与潜在资源评价. 贵州地质, 34(2): 77~81.

YANG Ruidong, ZHENG Lulin, CHENG Wei, GAO Junbo, CHEN Jun, SUN Baichuan, ZHANG Yan: Rare earth and lithium elements enrichment found in Late Permian coals in Tongzi—Jinsha area, Northern Guizhou Province