

# 黔西北玉龙地区 Nb-REE 富集层中稀土赋存形式

薛洪富<sup>1</sup>, 向震中<sup>2</sup>, 吴林<sup>2</sup>, 肖宪国<sup>3\*</sup>, 叶霖<sup>2</sup>, 曾道国<sup>1</sup>, 黄威武<sup>1</sup>

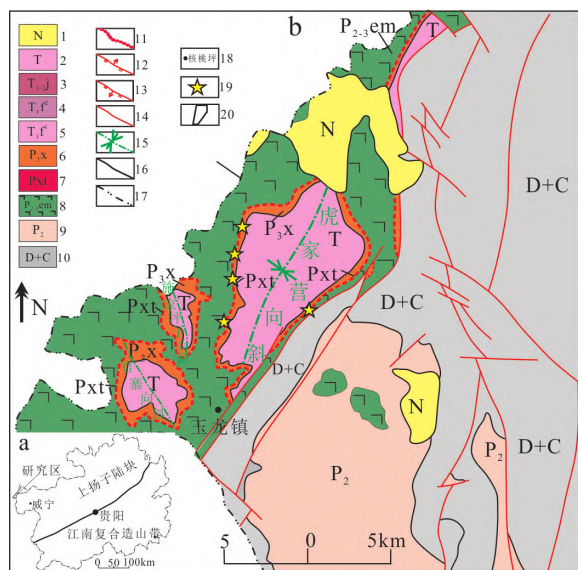
(1. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局 地质矿产勘查院, 贵州 贵阳 550005; 2. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学  
国家重点实验室, 贵州 贵阳 550081; 3. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局, 贵州 贵阳 550005)

稀土作为我国战略性矿产资源, 广泛应用于冶金、石油、玻璃、电子、化工及新型材料等领域, 对国家的发展、稳定和提升国际竞争力具有重要战略意义<sup>[1-2]</sup>。近年的研究发现, 黔西北地区二叠系宣威组/龙潭组与下覆峨眉山玄武岩顶部的不整合接触界面, 常分布一套铁铝岩系, 其中稀土与铌等关键金属富集特征明显, 被称为 Nb-REE 富集层<sup>[3-8]</sup>。该富集层中稀土资源呈层状、似层状产出, 具有分布广、层位稳定、含量高、厚度大和轻稀土富集等特征<sup>[4,6-10]</sup>, 具有较大潜在经济价值, 但关于其中稀土的赋存形式长期存在争议, 包括: 1) 由离子吸附型、胶态附着型和离子胶态混合型 3 种组成<sup>[11]</sup>; 2) 主要以离子吸附态形式赋存<sup>[12-15]</sup>; 3) 离子吸附型和类质同象两种共同组成<sup>[7,16]</sup>。这制约了该类型稀土资源的开发利用。笔者在“贵州省威宁县玉龙地区铌、稀土矿精查(普查阶段)”项目实施过程中, 通过扫描电镜、能谱、矿物自动定量、电子探针、化学物相等多手段相结合, 系统开展了玉龙地区 Nb-REE 富集层中稀土元素赋存状态研究。

研究区属上扬子陆块之威宁隆起区(图 1a)。

Nb-REE 富集层位于二叠系宣威组(P<sub>3x</sub>)底部, 假整合于峨眉山玄武岩组(P<sub>2-3cm</sub>)之上, 沿虎家营向斜两翼分布, 延伸长约 37 km(图 1b), 厚度受峨眉山玄武岩组(P<sub>2-3cm</sub>)起伏影响, 真厚 3.5~18.7 m, 其中稀土富集层初步可分为三层, 主稀土富集层厚 0.5~5.3 m, 稀土含量 0.1%~0.9%, 稀土氧化物量有望突破 10 万吨。富集层岩性组合较简单, 由下至上依次为:(含铁质)凝灰质粘土岩→铁质段(含凝灰质铁质粘土岩、铁质粘土岩、豆鲕状铁质粘土岩、含铝质铁质粘土岩)→铝质段(含铁质铝质粘土岩、铝质粘土岩、豆鲕状铝质粘土岩、致密块状铝质泥岩)。

对研究区典型剖面含矿岩系进行系统采样分析, 其中稀土主要富集于铝质粘土层底部, ΣRE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量多大于 0.50%, 最高者可达 3.0%以上, 以轻稀土为主。通过镜下观察、粉晶、扫描电镜、电子探针、AMICS 和化学物相等地质地球化学研究发现, Nb-REE 富集层中矿物以高岭石为主, 占比大于 89%, 其他矿物包括磷铝铈矿、锐钛矿、赤铁矿、水云母(伊利石)、绿泥石、绢云母(白云母)等, 不排除还存在少量金红石和榍石。在富集层中基质(高岭石)、锐钛矿、赤铁矿、伊利石和白云母等矿物中未检出 REE, 但首次在其中发现稀土独立矿物。稀土独立矿物以磷铝铈矿为主, 呈他形粒状孤立分散于高岭石基质中(图 2a), 粒径较小, 在 10



1-第三系; 2-三叠系; 3-嘉陵江组; 4-飞仙关组二段; 5-飞仙关组一段; 6-宣威组; 7-稀土层; 8-峨眉山玄武岩组; 9-中二叠系; 10-泥盆+石炭系; 11-Pxt 露头线; 12-逆断层; 13-正断层; 14-性质不明断层; 15-向斜轴; 16-地层界线; 17-省界; 18-地名; 19-采样位置; 20-研究区

图 1 黔西北玉龙地区地质图

收稿日期: 2022-04-15

doi: 10.16461/j.cnki.1000-4734.2022.42.074

基金项目: 贵州省威宁县玉龙地区铌、稀土矿精查(普查阶段)项目(编号:2021-01)

第一作者: 薛洪富,男,1988年生,高级工程师,主要从事构造控矿研究工作. E-mail: gzysxfh@163.com

\* 通讯作者: 肖宪国,男,1967年生,博士研究生,主要从事矿产勘查及研究工作. E-mail: 1342637049@qq.com

$\mu\text{m}\times 10\ \mu\text{m}\sim 15\ \mu\text{m}\times 20\ \mu\text{m}$  之间, 占比约为 0.09%。值得注意的是, 电子探针波谱定量分析显示富集层中结晶颗粒较大的高岭石中 REE 含量较高, 但含量变化范围较大, 其中  $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ce}_2\text{O}_3$  和  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量分别在 2.80%~6.60%、2.60%~6.27% 和 13.0%~17.1% 之间。虽然  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  含量较磷铝铈矿  $\text{CeAl}_3[\text{PO}_4]_2(\text{OH})_6$  理论值 (31.99%) 明显偏低, 但考虑到其与高岭石共生, 且粉晶衍射定性分析显示出明显的磷铝铈矿的谱线, 故认为 REE 以显微独立矿物 (磷铝铈矿) 形式与高岭石形成混合物。相对而言, 富磷铝铈矿的高岭石占比一般低于 0.40%, 而贫磷铝铈矿的高岭石占比可高达 2.50% 以上, 且其粒径较大 ( $10\ \mu\text{m}\times 10\ \mu\text{m}\sim 100\ \mu\text{m}\times 200\ \mu\text{m}$ )。此外, 化学物相分析结果表明, REE 在磷铝铈矿相中占比高达 95.0% 以上, 而在“高岭石+绢云母”相中占比低于 3.00%, 其他相中占比极少。

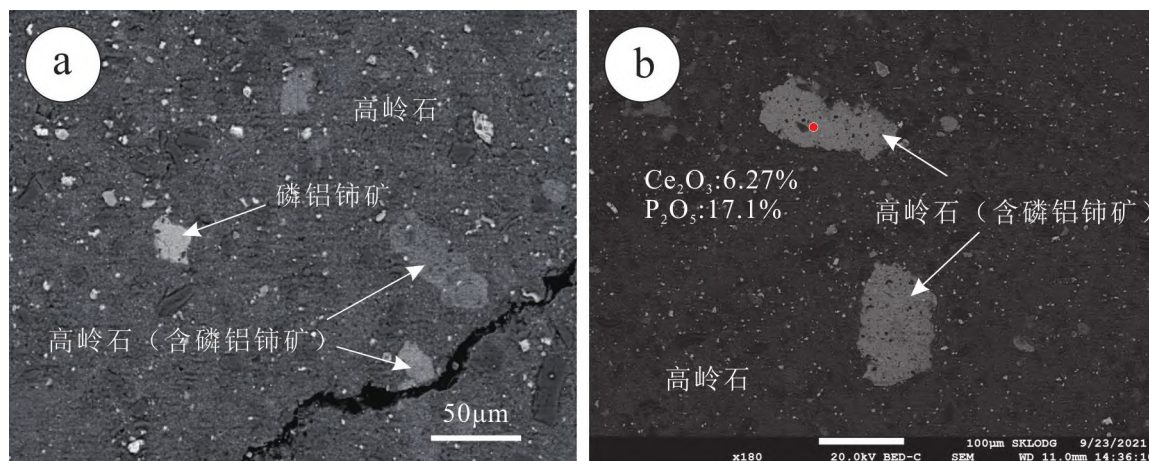


图 2 玉龙地区典型样品磷铝铈矿与高岭石形成的混合物及磷铝铈矿背散射图像

综上, 黔西北威宁县玉龙地区 Nb-REE 富集层中, 稀土元素赋存形式主要为独立矿物磷铝铈矿, 离子吸附态稀土基本不存在。绝大部分磷铝铈矿呈显微矿物与大颗粒高岭石共生成混合物, 仅少量以较大颗粒磷铝铈矿产出。

#### 参 考 文 献:

- [1] 翟明国, 吴福元, 胡瑞忠, 等. 战略性关键金属矿产资源: 现状与问题[J]. 中国科学基金, 2019, 33(2): 106-111.
- [2] 侯增谦, 陈骏, 翟明国. 战略性关键矿产研究现状与科学前沿[J]. 科学通报, 2020, 65(33): 3651-3652.
- [3] Yang R D, Wang W, Zhang X D, et al. A new type of rare earth elements deposit in weathering crust of Permian basalt in western Guizhou, NW China [J]. Journal of Rare Earths, 2008, 26: 753-759.
- [4] Zhou L J, Zhang Z W, Li Y J, et al. Geological and geochemical characteristics in the paleo-weathering crust sedimentary type REE deposits, western Guizhou, China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 73: 184-198.
- [5] 陈智, 郑禄林, 陈军, 等. 贵州威宁玉龙铈矿稀土富集层的发现及其成矿意义[J]. 稀土, 2017, 38(6): 117-124.
- [6] 袁民汕, 蔡国盛, 曾道国, 等. 贵州西部二叠系峨眉山玄武岩顶部古风化壳铈-铈-稀土矿化富集层的发现与意义[J]. 矿物学报, 2021, 41(4/5): 531-547.
- [7] 苏之良, 薛洪富, 金中国, 等. 黔西北峨眉山玄武岩顶部 Fe-Al 岩系铈、铈、稀土分布特征与富集规律[J]. 矿物学报, 2021, 41(4/5): 520-530.
- [8] 薛洪富, 曾道国, 向明坤, 等. 黔西北峨眉山玄武岩顶部 Fe-Al 岩系特征及其三稀元素富集特点[J]. 中国地质调查, 2021, 8(5): 25-34.
- [9] 张海. 贵州西部峨眉山玄武岩古风化-沉积型稀土多金属成矿机制研究[D]. 中国科学院地球化学研究所博士后出站报告, 2019.
- [10] 赖杨, 龚大兴, 秦建华, 等. 滇东-黔西沉积型稀土: 一种新类型稀土资源及其开发利用潜力[J/OL]. 中国地质. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20210406.1818.002.html>, 2021-09-20.
- [11] 黄训华. 威宁鹿房稀土矿地质特征及成矿作用初步分析[J]. 贵州地质, 1997, 53(4): 328-333.
- [12] 曾励训. 贵州西部发现离子吸附型稀土矿[J]. 贵州地质, 1989(3): 272.
- [13] 徐莺, 戴宗明, 龚大兴, 等. 贵州某地二叠系宣威组富稀土岩系稀土元素赋存状态研究. 矿产综合利用, 2018, (6): 90-94+101.
- [14] 赵平, 李爱民, 李松涛, 等. 黔西北玄武岩古风化壳稀土地球化学特征. 矿物学报, 2019, 39(4): 464-473.
- [15] 田恩源, 龚大兴, 赖杨, 邱小龙, 谢华, 田康志. 贵州威宁地区沉积型稀土含矿岩系成因与富集规律. 地球科学, 2021, 46(8): 2711-2731.
- [16] 张海, 郭佩佩, 杨国彬. 贵州西部峨眉山玄武岩古风化壳中稀土元素赋存状态研究[J]. 中国稀土学报. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2365.tg.20210914.1929.002.html>, 2021-09-20.