川南地区晚二叠世铌—稀土—钛多金属富集层成因机制及对峨眉山地幔柱成矿系统的补充

文俊^{1,2,3)}, 赵伟¹⁾, 刘治成⁴⁾, 张航飞^{1,2)}, 竹合林^{1,2)}, 赵凯莉¹⁾

1) 四川省第七地质大队, 四川乐山, 614000;

2) 四川省地质矿产勘查开发局张金元劳模创新工作室, 四川乐山, 614000;

3) 成都理工大学沉积地质研究院, 成都, 610059; 4) 四川省国土资源科学技术研究院, 成都, 610045

关键词: 铌—稀土—钛多金属富集层; 宣威组; 峨眉山玄武岩; 晚二叠世; 成因

近年来, 在川南沐川地区晚二叠世宣威组底部发现了厚度大、高度富集、层位稳定、分布面积广的新类型 Nb—REE—Ti 多金属富集层, 该富集层中超常富集 Nb、REE、Ti、Ga、Sc、Zr 等多种关键金属元素, 此 6 种战略性关键金属矿产是我国急缺重要的高科技矿产, 且找矿潜力较大。近 30 年来, 地质工作者广泛关注了晚二叠世峨眉山玄武岩组与宣威组之间的平行不整合界面之上的黏土岩层中“三稀”富集特征与成因, 但川滇黔地区晚二叠世“三稀”富集层的富集过程与成因机制仍存在很大争议。以往的学者主要提出了 3 种成因类型: 沉积型(黄训华, 1997)、玄武岩古风化壳型(龚大兴等, 2019)、碱性火山灰沉积—热液流体混合作用成因(Dai Shifeng et al., 2014)。那么, 川南沐川地区宣威组底部的 Nb—REE—Ti 多金属富集层究竟是何种成因, 值得开展研究。为此, 近年来开展了一些研究工作, 对其物源和成因取得了新认识, 研究成果对补充和完善峨眉山地幔柱成矿系统具有重要意义。

1 地质概况

1.1 区域地质背景

沐川地区位于扬子陆块西缘。在加里东晚期—海西早期, 峨眉山幔柱的快速上升, 地幔物质上隆, 在上扬子地区发生了玄武岩岩浆喷溢, 于是在云

南、贵州、四川等地形成了大面积的玄武岩, 称为峨眉山玄武岩。峨眉山大火成岩省分为内带、中带和外带, 内带由早到晚演化为低钛玄武岩和高钛玄武岩, 在其顶部局部发育小面积的酸性岩, 中带和外带主要由高钛玄武岩组成, 沐川地区位于峨眉山大火成岩省中带。

峨眉山玄武岩形成后经过短暂的剥蚀, 在峨眉山玄武岩顶部形成了铁质古风化壳, 在湿热多雨的古气候环境及地壳振荡性升降运动背景下, 沐川地区在古风化壳之上沉积了近海岸湖泊相宣威组一段 Nb—REE—Ti 多金属富集层, 后来随着气候的变化和地壳的下降, 在宣威组一段之上沉积了一套含煤岩系宣威组二段和三段。

1.2 Nb—REE—Ti 多金属富集层特征

沐川地区 Nb—REE—Ti 多金属富集层产于宣威组底部(宣威组一段), 即峨眉山玄武岩与宣威组之间的平行不整合面之上。

Nb—REE—Ti 多金属富集层底部为紫红色铁质泥岩, 之上为灰白色—浅灰绿色铝质泥岩, 灰白色—浅灰绿色铝质泥岩之上多数为灰色泥岩、深灰色碳质泥岩夹灰白色铝质泥岩, 均富含 Nb、REE、Ti、Sc、Ga、Zr 等关键金属元素, 底部以紫红色铁质泥岩与下伏峨眉山玄武岩(P_3e)呈平行不整合接触。宣威组二段(P_3x^2)为含煤段, 厚度为 76.08~91.20 m, 主要为灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹灰色细粒岩屑砂岩及薄煤层, 底部以

注: 本文为四川省自然科学基金项目(编号: 2023NSFSC0270)和四川省自然资源厅科技项目(编号: kj-2022-6)的资助成果

收稿日期: 2024-01-05; 改回日期: 2024-02-01; 责任编辑: 方向。DOI: 10.16509/j.georeview.2024.s1.021

作者简介: 文俊, 男, 1990 年生, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事区域地质调查与战略性关键矿产调查研究; Email: wjun9936@sina.com。通讯

作者: 赵伟, 男, 1970 年生, 硕士, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质调查与矿产勘查研究; Email: 1142466166@qq.com。

灰色细粒岩屑砂岩（局部演变为细砾岩、含砾粗砂岩）与下伏宣威组一段（ P_{3x^1} ）泥岩分界，两者呈整合接触。沐川地区宣威组底部 Nb—REE—Ti 多金属富集层的平均厚度为 10.10 m， Nb_2O_5 平均含量 256 $\mu\text{g/g}$ ，稀土氧化物总量平均含量 1200 $\mu\text{g/g}$ ， TiO_2 平均含量 5.97%，Ga 平均含量 55.7 $\mu\text{g/g}$ ，Sc 平均含量 31.7 $\mu\text{g/g}$ ， ZrO_2 平均含量 1084 $\mu\text{g/g}$ 。

2 Nb—REE—Ti 多金属富集层成因机制

2.1 成矿物质来源

通过岩心及露头剖面观察，发现紫红色铁质泥岩底部普遍残留着未经搬运的玄武岩团块，对紫红色铁质泥岩进行显微镜下观察，也发现了较多玄武岩岩屑，这是说明紫红色铁质泥岩的物源是峨眉山玄武岩的最直接的证据。结合岩石地球化学物源示踪研究结果和峨眉山幔柱火山喷发演化序列来看，上部灰白色、浅灰绿色、灰色、深灰色泥岩 Nb—REE—Ti 多金属富集层的物源与峨眉山幔柱消亡阶段喷发的碱性火山灰有关。综合而言，下部紫红色铁质泥岩 Nb—REE—Ti 多金属富集层与上部灰白色、浅灰绿色、灰色、深灰色泥岩 Nb—REE—Ti 多金属富集层的物源截然不同，具有明显的两分性，前者的物源主要来源于峨眉山高钛玄武岩，后者的物源除了峨眉山高钛玄武岩外，另外峨眉山幔柱消亡阶段喷发的碱性火山灰也可能提供了部分物源。

2.2 成矿模式

中—晚二叠世喷发的峨眉山玄武岩为沐川地区造就了西高东低的古地理格局，地壳上升，峨眉山玄武岩遭受风化剥蚀，在玄武岩顶部形成了紫红色铁质风化壳，经历短距离搬运，在炎热潮湿多雨的气候条件下，遭受风化淋滤， Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 等阳离子被地表水、地下水带走而流失，Nb、REE 等稳定元素得到富集，形成了下部的紫红色铁质泥岩古风化壳型 Nb—REE—Ti 多金属富集层；玄武岩风化形成的铁质残积物在地表水和地下水的淋滤作用下，Nb、REE 被搬运到低洼地带的近海岸湖泊中富集，与此同时，在峨眉山幔柱消亡阶段喷发的碱性火山灰也随着一起喷发和搬运沉积在湖泊中，最终形成了上部的灰白色、浅灰绿色、灰色、深灰色泥岩沉积型 Nb—REE—Ti 多金属富集层。下部富集层的成矿作用以风化淋滤作用为主，上部

富集层的成矿作用以沉积作用为主，可见其成因类型为新的一种类型，即“古风化壳—沉积型”复合成因类型，这与以往的学者提出的 3 种成因类型（沉积型、玄武岩古风化壳型、碱性火山灰沉积—热液流体混合作用成因）是不同的。综合已有研究成果，沐川地区 Nb—REE—Ti 多金属富集层的成矿模式总体上可分为峨眉山玄武岩喷溢阶段、风化富集阶段、沉积富集阶段和盖层沉积阶段等 4 个阶段。

3 对峨眉山幔柱成矿系统的意义

前人将与大火成岩省有关的成矿作用划分为“与地幔柱直接相关的成矿作用”和“与地幔柱间接相关的成矿作用”2 种类型，后者的矿床包括“提供成矿物质来源”、“提供运矿通道”和“提供成矿环境和沉淀场所”3 种类型（张招崇等，2022）。尤其是提供成矿物源的矿床类型在与峨眉山幔柱间接相关的矿床之中占主导地位，研究提供成矿物质来源的矿床对补充完善地幔柱成矿系统具有关键成效。川南地区晚二叠世 Nb—REE—Ti 多金属矿床属于峨眉山玄武岩提供成矿物质来源的矿床，对补充完善峨眉山幔柱成矿系统具有重要意义。

参 考 文 献 / References

- 龚大兴, 田恩源, 赖杨. 2019. 黔西北地区沉积型稀土成矿条件及富集规律. 中国矿物岩石地球化学学会第 17 届学术年会论文摘要集: 227~228.
- 黄训华. 1997. 威宁鹿房稀土矿地质特征及成矿作用初步分析. 贵州地质, 14 (4): 328~333.
- 张招崇, 侯通, 程志国. 2022. 大火成岩省的成矿效应. 地质学报, 96(1): 131~154.
- Dai Shifeng, Ren Deyi, Zhou Yiping, Vladimir V S, Li Dahua, Zhang Mingquan, James C H, Colin R W, Wang Xibo, Zhao Lei, Song Xiaolin. 2014. Coal-hosted rare metal deposits: genetic types, modes of occurrence, and utilization evaluation. Journal of China Coal Society, 39 (8): 1707~1715.
- WEN Jun, ZHAO Wei, LIU Zhicheng, ZHANG Hangfei, ZHU Helin, ZHAO Kaili: The genetic mechanism of the late Permian niobium-rare earth-titanium polymetallic enrichment layer in southern Sichuan and its supplement to the Emeishan mantle plume metallogenic system**
- Keywords : Niobium-rare earth-titanium polymetallic enrichment layer; Xuanwei Formation; Emeishan basalt; Late Permian; genesis**