

贵州威宁地区鱼坝剖面稀土含矿岩系特征

杨忠琴,王常微,胡从亮,邓毅,盘应娟

(贵州省地质调查院,贵州 贵阳 550018)

[摘要]黔西北地区晚二叠世稀土矿产于峨眉山玄武岩与上伏宣威组假整合面附近。在威宁地区稀土矿分为上、下两层,下含矿层为浅灰白色高岭石粘土岩,上含矿层为浅灰色高岭石粘土岩与铝质高岭石粘土岩,含矿岩系厚度在区域上变化较大,威宁鱼坝剖面含矿岩系完整且厚度较大。通过对威宁县鱼坝剖面含矿岩系的岩矿鉴定、稀土元素分析、XRD测试结果研究,初步认为本区稀土矿形成于温暖、潮湿的环境,海水频繁升降,原地或近源玄武岩/凝灰岩发生风化作用,形成高岭石粘土岩、铝土质高岭石粘土岩,碎屑状粘土岩和粘土质铝质岩的含矿性好,是稀土矿的标志性岩层。

[关键词]含矿稀土;含矿岩系;晚二叠世;威宁;黔西北

[中图分类号]P618.7;P534.46 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2022)01-0011-08

1 引言

黔西北晚二叠世宣威组底部的稀土矿是在贵州地质局108地质队在开展威宁幅区域矿产普查时发现的。稀土含矿岩系下矿层产于峨眉山玄武岩第三段上部、上矿层产于宣威组下段,整个稀土含矿岩系形成时间约为2 Ma(王常微等,2020)。多数学者通过研究认为本区为风化淋积型稀土矿(王伟等,2006,2011;杨瑞东等,2006;Yang Ruidong et al.,2008;王强等,2008;Ji Hongbing et al.,2004;张震等,2010),一些学者认为是沉积型高岭石质粘土岩稀土矿床(黄训华,1997,1998;Zhang Zhengwei et al.,2010;Zhou Lingjie et al.,2013),有人提出为沉积-再造型稀土矿床(张海,2014)。他们都认为:成矿母岩主要为下伏峨眉山玄武岩;稀土矿与玄武岩风化作用密切相关。但是原地风化残积,还是风化后搬运再沉积,需做进一步的研究。

通过剖面详测和系统样品采集,结合宏观沉

积学和微观岩石矿物组成及稀土元素地球化学分析,研究成矿母岩特征与稀土矿的关系、玄武岩风化壳的形成、稀土成矿作用过程、稀土元素赋存机理、后期海侵作用对稀土富集的影响。

2 区域地质背景

黔西北地区位于扬子陆块西南缘,属威宁隆起区(威宁穹盆构造变形区)、六盘水裂陷槽(六盘水北西向褶断带)、毕节弧形褶皱带。出露地层为震旦系、寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系及白垩系、新近系、第四系。

黔西北地区晚二叠世稀土含矿岩系在空间分布与含矿岩系岩性、底板(玄武岩岩性岩相特征)、风化壳厚度、风化程度、沉积相都有一定的关系,从东往北西:高岭石粘土岩、铝质粘土岩从薄→厚→消失,铁矿从无→时有时无→增厚;宣威组从海陆交互相→湖沼相→河流相;风化程度有向西由弱→强→弱的趋势,风化壳厚度从薄→厚→

[收稿日期]2021-09-30 [修回日期]2022-01-08

[基金项目]贵州省地质矿产勘查开发局地质科研基金项目[黔地矿科合201509]资助。

[作者简介]杨忠琴(1982—),女,硕士,高级工程师,主要从事岩矿鉴定等基础地质研究工作。E-mail:84878019@qq.com,13985438816。

[通讯作者]王常微(1966—),女,高级工程师,主要从事矿产地质研究工作。E-mail:wchw91831@sina.com。

薄;基底岩性从玄武质凝灰岩→玄武质火山角砾岩→块状玄武岩。

在威宁地区稀土矿分布于峨眉山玄武岩第三段顶部及宣威组下部,峨眉山玄武岩与下伏茅口组灰岩及上伏宣威组粘土岩均呈假整合接触。稀

土矿分为上、下两层,下含矿层为浅灰白色高岭石粘土岩,上含矿层为浅灰色高岭石粘土岩与铝质高岭石粘土岩,含矿岩系厚度在区域上变化较大。故本次选取稀土含量达工业品位的贵州省威宁县黑石头镇鱼坝村剖面作为研究对象(图1)。

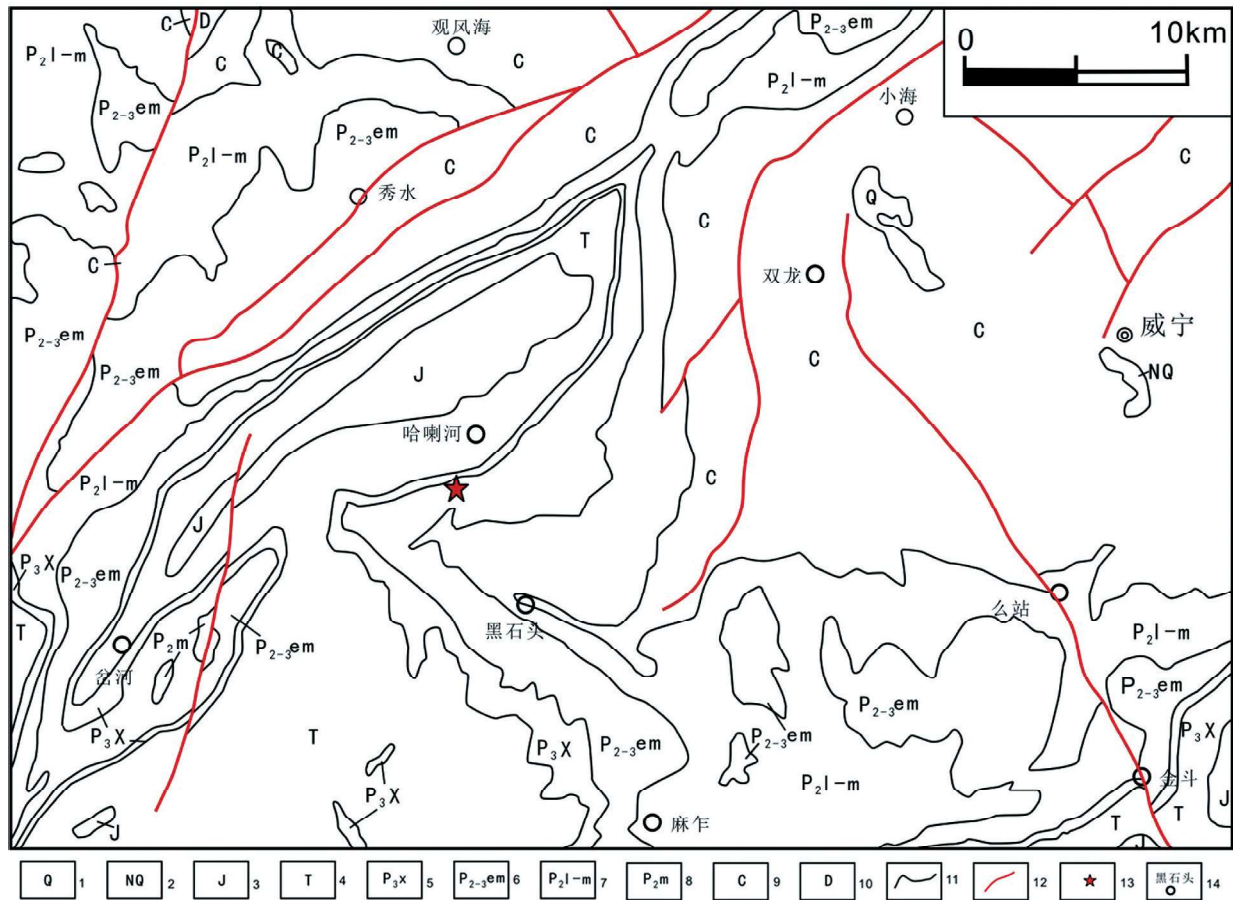


图1 研究区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the study area

1—第四系;2—新近系;3—侏罗系;4—三叠系;5—上二叠统宣威组;6—中上二叠统峨眉山玄武岩组;7—中二叠统梁山-茅口组;8—中二叠统茅口组;9—石炭系;10—泥盆系;11—地质界线;12—断层线;13—实测剖面位置;14—地名

3 实验测试

在贵州省威宁县黑石头镇鱼坝村测制稀土含矿岩系剖面(图2),剖面总厚16m,共采集岩矿样35件、地球化学分析样34件、X-射线粉晶衍射定量分析样17件。岩矿鉴定采用德国生产LeicaDM4500P偏光显微镜,在贵州省地质调查院测试鉴定中心完成。地球化学分析由澳实分析检测(广州)有限公司测试,分别进行了全岩主量元素分析(采用MS-XRF26方法,检出限0.01%)、微量元素分析(采用ME-MS61方法)和稀土元素分析(采用稀土元素ME-MS81方法)。X-射线粉晶

衍射定量分析,由中科院地球化学研究所资源环境分析测试中心完成。

4 含矿岩系矿物岩石学特征

鱼坝剖面35件样品岩矿鉴定结果表明:鱼坝剖面从下往上呈现沉火山角砾岩-凝灰质粘土岩-高岭石粘土岩-玄武岩-高岭石粘土岩-凝灰岩-高岭石粘土岩-沉凝灰岩-高岭石粘土岩-粘土质铝质岩-熔结凝灰岩-含泥质含砂质粉砂岩4个旋回特征(图2)。其中火山碎屑岩岩性主要为凝灰岩、沉凝灰岩,其次是沉火山角砾岩。

本剖面以水解作用(如高岭石化等,图3a)最

为主见,其次是生物化学风化作用(植物碎屑腐烂分解导致的酸化作用,整个剖面基本上都分布有植物碎屑,现为有机质和微量石英替代,图 3b),碳酸盐化作用(菱铁矿化等)和氧化作用(皮壳状

褐铁矿化等)只是局部可见。这表明当时的气候属于温热潮湿气候,且具有潜流带(如具碎屑状结构,图 3c)和渗流带(如具皮壳状构造等,图 3d)特征。

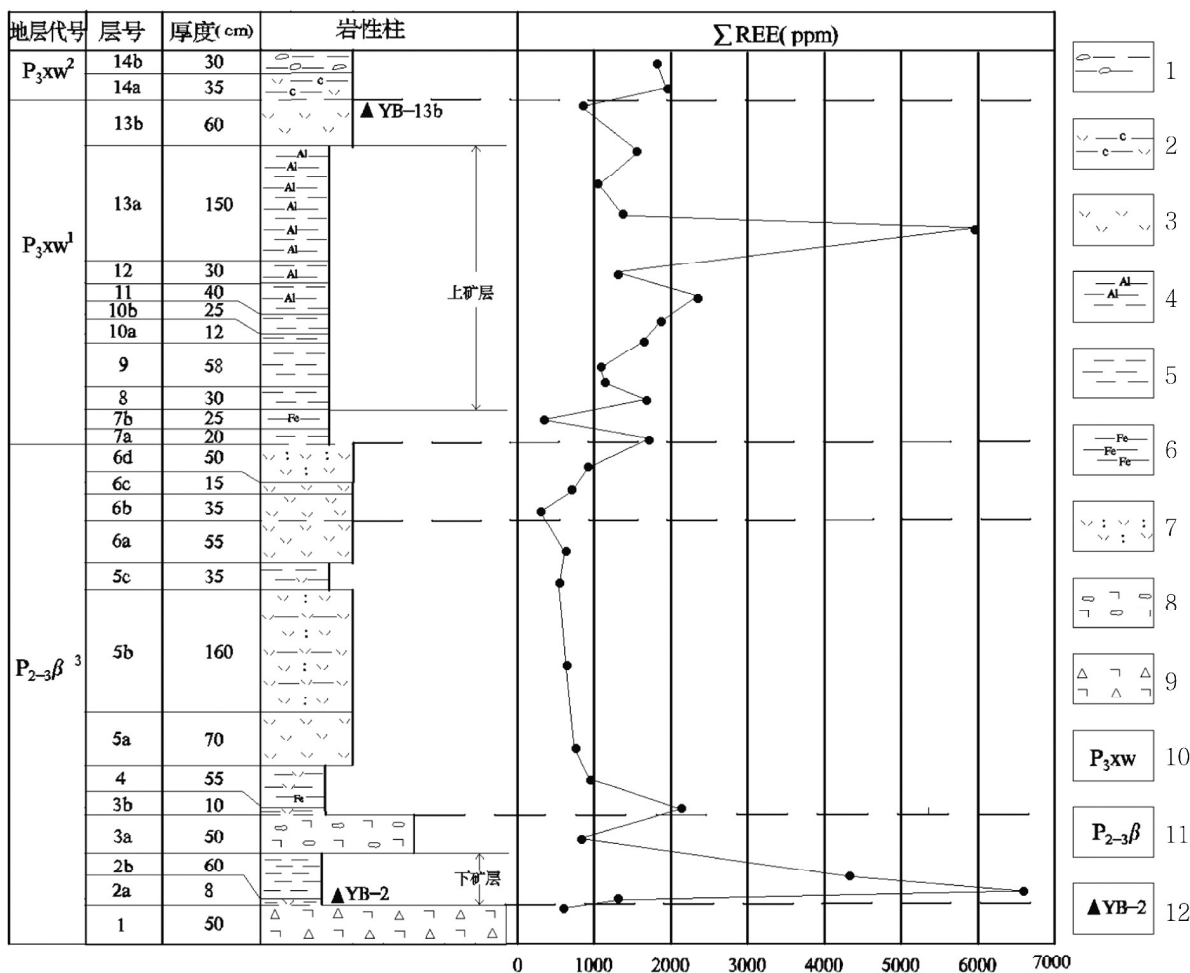


图2 威宁县鱼坝剖面稀土含矿岩系柱状图

Fig. 2 Histogram of the rare earths ore-bearing rock series in Yuba section of Weining county

1—角砾状粘土岩;2—炭质粘土岩;3—凝灰岩;4—铝质粘土岩;5—高岭石粘土岩;6—铁质粘土岩;7—沉凝灰岩;8—拉斑玄武岩;9—角砾状玄武岩;10—宣威组;11—峨眉山玄武岩组;12—取样位置

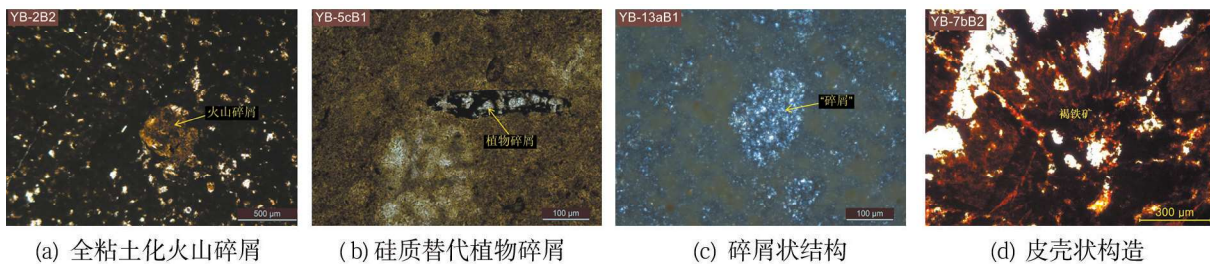


图3 威宁县鱼坝剖面稀土含矿岩系镜下显微特征

Fig. 3 Microscopic features of the rare earths ore-bearing rock series in Yuba section of Weining county

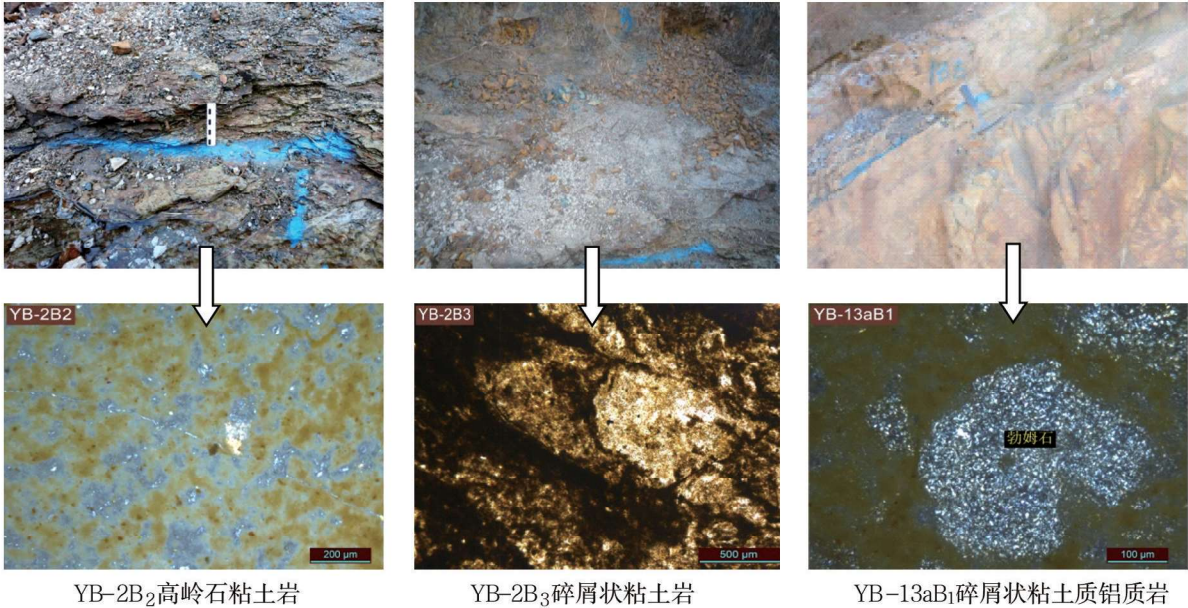
其中稀土总量 $>4\ 000\times 10^{-6}$ 的3件样品(YB-2B₂、YB-2B₃、YB-13aB₁)岩性分别为高岭石粘土岩、碎屑状粘土岩、碎屑状粘土质铝质岩(图4)。YB-2B₂中粘土矿物结晶粒度 $<0.01\ \mu\text{m}$,分布较

为均匀,含量约95%,内部零散分布有少量强粘土化玄武质火山碎屑;YB-2B₃中粘土矿物结晶粒度 $<0.01\ \mu\text{m}$,含量约98%,具碎屑状结构;YB-13aB₁中粘土矿物63%,勃姆石35%,结晶粒度均

<0.03 mm,具碎屑状结构。

稀土总量 $1\ 000\times 10^{-6}\sim 2\ 200\times 10^{-6}$ 的样品有 17 件,除 YB-7B₁、YB-8B₁ 为粘土岩和 YB-14aB、YB-15aB、YB-15bB、YB-15cB 分别为含炭质粘土岩、沉(玻屑)凝灰岩、(含泥质)玻屑凝灰

岩、(含凝灰质)含泥质含砂质粉砂岩外,其余 11 件样品(YB-3bB₁、YB-9aB₁、YB-9bB₁、YB-10aB₁、YB-10bB₁、YB-11aB₁、YB-11aB₁、YB-12aB₁、YB-13a-5chB₁、YB-13a-8chB₁、YB-13a-11chB₁) 均为碎屑状粘土岩/碎屑状铝质粘土岩。



YB-2B₂高岭石粘土岩

YB-2B₃碎屑状粘土岩

YB-13aB₁碎屑状粘土质铝质岩

图 4 威宁县鱼坝剖面稀土矿标志层野外和镜下显微特征

Fig. 4 Microscopic features and field marker layer of rare earth mine in Yuba section of Weining county

其余样品的稀土总量 $<1\ 000\times 10^{-6}$, 多为凝灰岩或沉凝灰岩,其中稀土总量 $<400\times 10^{-6}$ 的 YB-6bB₁ 为含植物碎屑凝灰质、YB-7bB₁ 为弱褐铁矿化角砾状粘土岩。

仅在 YB-6dB₁、YB-15aB₁、YB-15cB₁、YB-15dB₁ 四件样品中见到陆源碎屑,含量分别为 8%、15%、80%、15%。以粒度 $<0.06\sim 0.004\text{ mm}$ 粉砂级陆源碎屑主见,其次是粒度 $<0.25\sim 0.06\text{ mm}$ 细砂级陆源碎屑,呈次圆状、次棱角状,磨圆度及分选性较好,向上磨圆度向上增强,分选性变好。碎屑成分主要为岩屑、粘土化长石矿物屑,其次是少量海绿石矿物屑、绿泥石矿物等。

因此,稀土的富集与岩性特征密切相关。剖面中,高岭石粘土岩、碎屑状粘土岩、碎屑状粘土质铝质岩是稀土矿的标志性岩层(图 4),呈灰白-浅灰色、质地较硬, $\Sigma\text{REE}>4\ 000\times 10^{-6}$ 。

5 含矿岩系地球化学特征

5.1 主量元素特征

威宁县鱼坝剖面 34 件样品的 LOI 值在

9.53%~25.19% 之间,说明岩石蚀变较强;相对高 Ti_2O (0.67%~12.85%),与粉晶衍射定量结果高含量锐钛矿相对应,间接证明含矿岩系由高钛玄武岩风化而成;高 Al_2O_3 (11.90%~53.35%),含量最高的样品 3 件样品稀土总量也相当高; SiO_2 (13.10%~43.79%) 与 Al_2O_3 的含量变化有一定的反差; TFe_2O_3 含量变化大(0.77%~62.09%),含量最大的 3 件样品稀土总量都相对较低。

5.2 微量元素特征

威宁县鱼坝剖面宣威组 34 件样品的 Ga、Cu、Nb、Zr 的平均含量分别为 63.21×10^{-6} 、 170.09×10^{-6} 、 206.48×10^{-6} 、 1506.06×10^{-6} ,与威宁县出水洞剖面的 13 个峨眉山玄武岩组的数据(Ga 平均值为 24.09×10^{-6} ;Cu 平均值为 182.69;Nb 平均值为 34.67×10^{-6} ;Zr 平均值为 307.46×10^{-6}) (Zhou et al., 2013) 相比,Ga、Nb、Zr 等元素出现了不同程度的富集,而 Cu 有轻微亏损。Nb、Zr 等元素因自身在水岩蚀变过程中具有较高的稳定性而产生富集;而 Ga 的富集可能与其在表生风化作用迁移中被氧化并转移到 Al、Fe 的氧化物中以类质同像

置换 Al 的形式存在。

高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf、P、Th、HREE、Ce、U、Pb、Ti 相对富集,而且与稀土总量丰度相似;而大离子亲石元素 K、Rb、Cs、Ba 相对亏损,与稀土总量丰度也有相似性。

特别的是 YB-10b,其重稀土大于轻稀土,其所含 Nb $>500\times 10^{-6}$,远高于含矿岩系平均值 168.4×10^{-6} ,Ta 为 45.4×10^{-6} (平均值 12.93×10^{-6})、Zr 为 $5\ 830\times 10^{-6}$ (平均值 $1\ 598.47\times 10^{-6}$)、Hf 为 126.5×10^{-6} (平均值 33×10^{-6})、Th 为 104.5×10^{-6} (平均值 28.57×10^{-6}),而 Ti 为 0.845%,远低于含矿岩系平均值 2.4%。

5.3 稀土元素特征

威宁鱼坝剖面 34 件样品稀土总量 $285\times 10^{-6}\sim 6\ 543\times 10^{-6}$,平均 $1\ 605.7\times 10^{-6}$,稀土总量 $>1\ 000\times 10^{-6}$ 的样品占样品总数的 62%,其中 $>4\ 000\times 10^{-6}$ 的样品占 9%, $2\ 000\times 10^{-6}\sim 3\ 000\times 10^{-6}$ 的样品 6%, $1\ 000\times 10^{-6}\sim 2\ 000\times 10^{-6}$ 的 42%, $500\times 10^{-6}\sim 1\ 000\times 10^{-6}$ 的 36%, $<500\times 10^{-6}$ 的 6%。

Σ REE 球粒陨石配分图总体表现为右倾型轻稀土富集型,并伴随 Eu 的负异常。这与贵州西部玄武岩的稀土元素特征一致(朱和书等,2019;冉文瑞等,2021),均属于右倾型轻稀土富集型。但不同岩性的球粒陨石配分还是有差别的:YB-1 沉火山角砾岩、YB-3a 拉斑玄武岩、YB-13b 熔结凝灰岩呈现轻陡 Eu 亏重平坦型;凝灰岩、凝灰质粘土岩、沉凝灰岩呈现中等右倾型, Eu 亏不明显;碎屑状粘土岩呈现与玄武岩相似的轻陡 Eu 亏重平坦右倾型;铝质粘土岩呈现轻陡 Eu 亏重缓右倾型;含铁质粘土岩的平坦 Eu 亏型(图 5)。

Σ REE 的 NASC 配分图在剖面纵向上分为平坦型、轻稀土富集型、中稀土富集型、中-重稀土富集型,与 Zhou et al. (2013) 的 NASC 稀土配分类型有相似之处。稀土配分类型与岩性特征密切相关,中稀土富集型主要见于凝灰岩, Σ REE 多低于 1 000 ppm;平坦型主要集中在凝灰质粘土岩、粉沙质岩, Σ REE 有低有低;轻稀土富集型主要为碎屑状高岭石粘土岩 / 铝质粘土岩, Σ REE 大于 1 000 ppm;中-重稀土富集型则有粘土质角砾岩、碎屑状粘土岩、炭质粘土岩, Σ REE 有低有低。

6 含矿岩系 XRD 定量分析

在岩矿样品中挑出 17 件粘土岩样品进行 X-

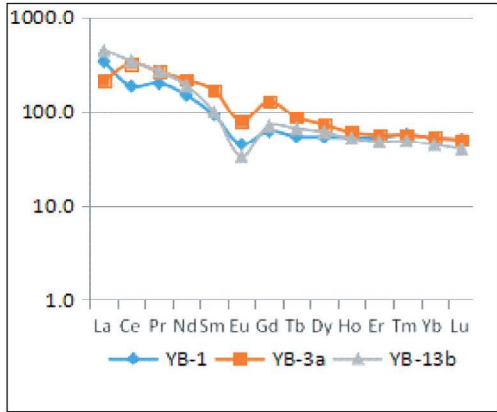
射线粉晶衍射定量分析,由中科院地球化学研究所资源环境分析测试中心完成。

测试样品都含有 25%~55%的非晶质与有机质,粘土矿物以高岭石(其中的埃落石未分)为主(含量多在 50%左右,埃落石未分出),少量勃姆石(仅 YB-11B、YB-12B、YB-13aB 分别为 22%、40%、50%),含量一般 1%左右,蒙脱石 0%~1.9%,伊利石(仅见于 YB-2B₁、YB-2B₂、YB-2B₃、YB-7aB₁、YB-7Bb₁、YB-9B₁、YB-14Bb₁) 0.005%~1.12%,极少量叶腊石、角闪石、石英、长石、白云石、铁矿物等,样品中锐钛矿含量较高,最高近 20%(表 1)。

高岭石粘土岩或碎屑状高岭石粘土岩中稀土总量与高岭石含量正相关,而碎屑状粘土质铝质岩中稀土总量与勃姆石含量正相关,但与高岭石含量负相关。非晶质与锐钛矿含量曲线一致,而与高岭石含量曲线相反(图 6、图 7)。高岭石粘土粉晶衍射结果反映出含矿岩系由高钛玄武岩的风化而来。

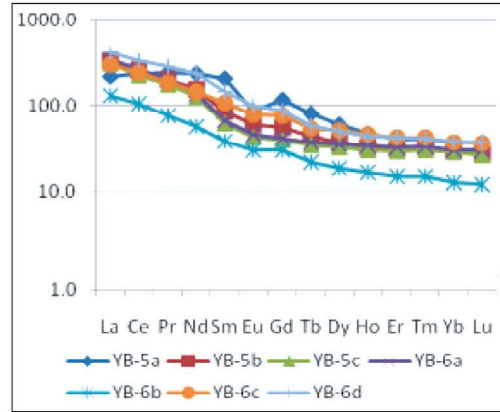
7 讨论

从威宁县鱼坝剖面岩矿鉴定特征、粉晶衍射定量分析,含矿岩系具有化学风化作用(水解作用-高岭石化等、氧化作用-皮壳状褐铁矿化等、碳酸化作用-铁白云石化等)和生物化学风化作用(植物碎屑腐烂分解导致的酸化作用)的特征,本剖面以水解作用最为多见,其次是生物化学风化作用,碳酸盐化作用和氧化作用只是局部可见,反映出温热潮湿的气候条件、低缓山丘及山坡之处,尤其是岩层倾角平缓的向阳坡地段,更易于风化作用的进行;整个剖面大部分岩石具有潜流带特征——如粘土岩(高岭石粘土岩)、碎屑状粘土岩、铝质粘土岩等,局部岩石具有渗流带特征——如皮壳状褐铁矿化岩石(YB-7bB₂);火山碎屑岩岩性主要为凝灰岩、沉凝灰岩,其次是沉火山角砾岩;整个剖面基本上都分布有植物碎屑(现已被有机质和微量石英替代);剖面具 4 个旋回特征:沉火山角砾岩-凝灰质粘土岩-粘土岩-玄武岩-粘土岩-凝灰岩-粘土岩-沉凝灰岩-铝质粘土岩-熔结凝灰岩-含泥质含砂质粉砂岩;岩石具碎屑状结构,指示岩石在未固结时短暂暴露出水面,与剖面上的多次出现的平行不整合面或古风化面是吻合的;碎屑状粘土岩和粘土质铝质岩的含矿性好。



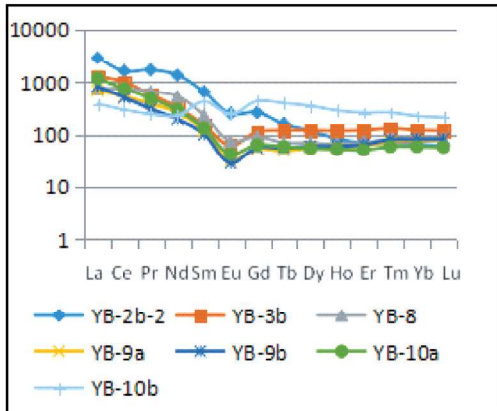
(a)轻陡 Eu 亏重平坦右倾型

1 沉火山角砾岩、3a 拉斑玄武岩、13b 熔结凝灰岩



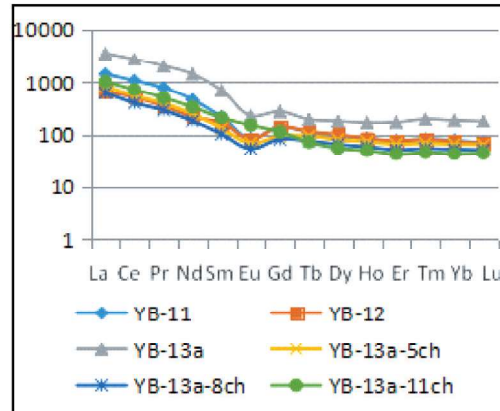
(b)中等右倾型

凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质粘土岩 ($\Sigma REE < 1\ 000 \times 10^{-6}$)



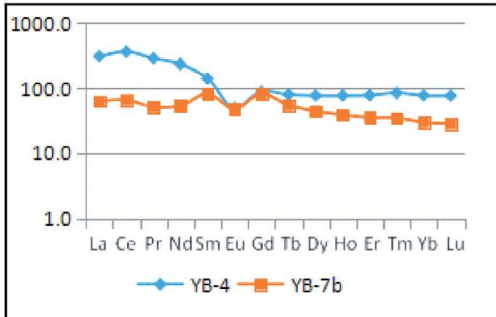
(c)轻陡 Eu 亏重平坦右倾型

碎屑状高岭石粘土岩 ($\Sigma REE > 1\ 000 \times 10^{-6}$)



(d)轻陡 Eu 亏重缓右倾型

碎屑状铝质粘土岩 ($\Sigma REE > 1\ 000 \times 10^{-6}$)



(e)平坦型 (铁质粘土岩 $\Sigma REE < 1\ 000 \times 10^{-6}$)

图 5 威宁鱼坝剖面含矿岩系稀土元素球粒陨石配分图

Fig. 5 The Partition map of chondritic meteorite REE of the ore-bearing rock series in Yuba section of Weining county

表 1 威宁县鱼坝剖面含矿岩系粉晶衍射定量分析结果 (%)

Table 1 Quantitative analysis results of the powder crystal diffraction of the rare earths ore-bearing rock series in Yuba section of Weining county (%)

样品编号	石英	高岭石	蒙脱石	伊利石	叶腊石	角闪石	勃姆石	锐钛矿	长石	白云石	铁矿物	非晶质
YB-2B ₁	2.24	43.33	1.82	1.12	0.91	0.01	0.7	19.88	0.01	/	0.01	30
YB-2B ₂	1.68	46.13	1.89	1.12	0.91	0.01	0.01	16.38	0.98	0.35	0.56	30
YB-2B ₃	2.74	58.82	/	0.72	1.08	/	0.01	7.92	0.86	/	/	28
YB-3bB ₁	2.88	54.94	1.41	/	0.67	/	1.01	4.89	/	/	1.21	33
YB-5cB ₁	0.004	32.34	0.44	/	0.79	/	0.004	9.50	0.004	/	0.92	55
YB-7aB ₁	2.39	50.21	0.82	0.01	/	0.006	0	9.58	/	/	0.01	37

续表

样品编号	石英	高岭石	蒙脱石	伊利石	叶腊石	角闪石	勃姆石	锐钛矿	长石	白云石	铁矿物	非晶质
YB-7bB ₁	1.30	43.10	0.77	0.01	/	0.53	0.005	0.58	/	/	1.73	52
YB-8B ₁	2.81	49.58	0.67	/	/	0.67	0.01	12.46	/	/	0.80	33
YB-9B ₁	1.56	45.3	/	0.6	0.66	/	/	9.6	/	/	2.22	40
YB-10aB ₁	2.24	64.4	1.19	/	/	0.7	0.42	0.01	/	/	1.12	30
YB-10bB ₁	3.64	62.16	/	/	0.91	/	0.56	1.19	0.49	/	1.05	30
YB-11B ₁	2.23	28.95	1.24	/	/	/	22.26	6.32	0.37	/	0.62	38
YB-12B ₁	1.87	24.19	/	/	/	0.01	39.74	6.19	0.01	/	0.01	28
YB-13aB ₁	2.4	16.8	/	/	/	/	50.4	5.4	0.01	/	/	25
YB-13bB ₁	3.82	58.68	0.01	/	/	/	/	9.50	/	/	/	28
YB-14aB ₁	0.6	72	/	/	/	/	/	2.4	/	/	/	25
YB-14bB ₁	0.01	56.28	0.67	0.80	/	0.67	/	8.58	/	/	0.01	33

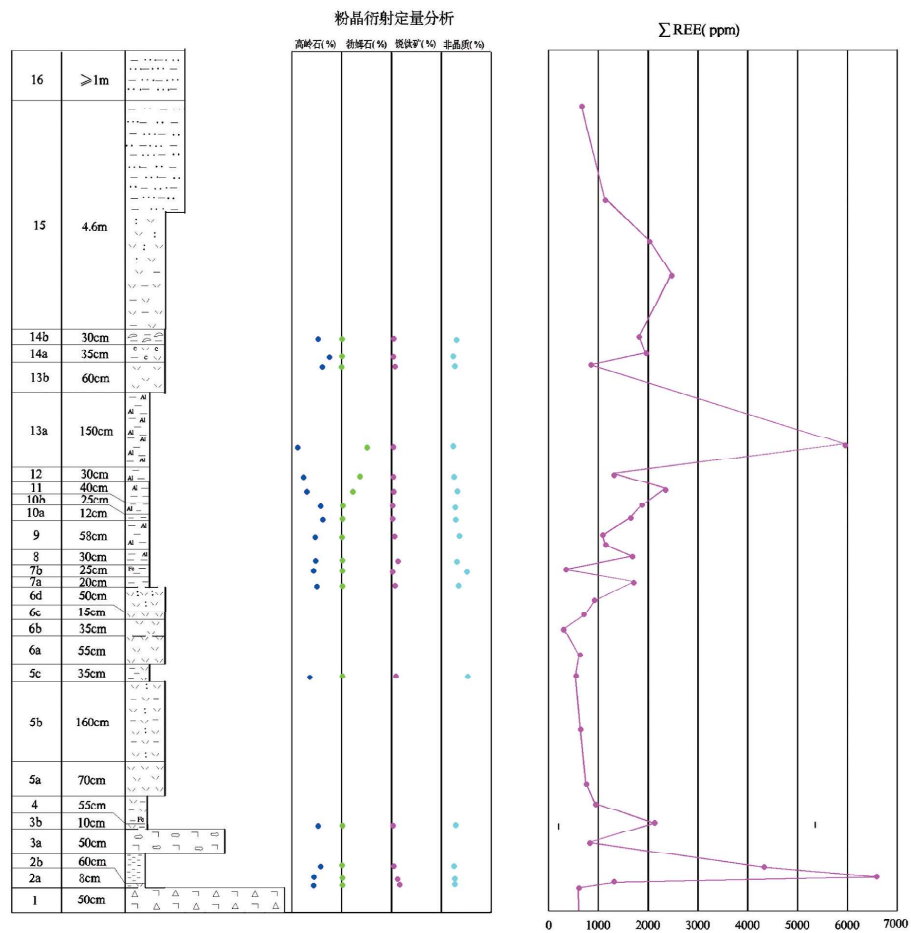


图 6 粉晶定量分析主要粘土矿物含量与稀土总量关系

Fig. 6 The relation of quantitative analysis of primary clay mineral and total content of rare earth

含矿岩系下层稀土矿中以粘土矿物以高岭石为主,上层稀土矿虽然含勃姆石但高岭石仍是主要成份,而高岭石往往在盐度较低的沉淀于陆上或河口处(Edzwald J K et al., 1975)。高岭石的形成与大气淡水淋滤作用有关,主要形成于河流相、沼泽相、滨浅海相的前滨和后滨(张哨楠等, 2012)。前人(罗忠等, 2008; 杜远生等, 2015)根据粘土矿物组

成来反演环境背景,推导出滇东黔西地区上二叠统含煤岩系形成于陆相到海陆过渡相环境。

8 结论

根据上述测试结果分析研究,初步认为本区稀土矿形成于温暖、潮湿的沼泽环境,海水频繁升

降,原地或近源玄武岩/凝灰岩被风化,形成高岭石粘土岩、铝土质高岭石粘土岩。故高岭石粘土岩、碎屑状粘土岩、碎屑状粘土质铝质岩是稀土矿的标志性岩层。

致谢:野外工作中得到中国地质大学张克信教授、何卫红教授的精心指导,以及杨廷禄、张扬、于志松同学的帮助,在撰写过程中受到了冯增昭、于炳松和黄文辉等专家的指导,在此一并致谢!

[参考文献]

- 杜远生,周琦,金中国,等. 2015. 黔北务正道地区铝土矿沉积地质学[M]. 地质出版社,1-173.
- 黄训华. 1997. 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,14(4):328-333.
- 黄训华. 1998. 威宁鹿房农用稀土资源的开发利用研究——以烤烟为例[J]. 贵州地质,15(4):345-350.
- 罗忠,邵龙义,姚光华,等. 2008. 滇东黔西上二叠统含煤岩系泥岩粘土矿物组成及环境意义[J]. 古地理学报,10(3):297-304.
- 冉文瑞,容大娟,叶春,等. 2021. 贵州西部玄武岩地球化学特征及有关成矿作用分析[J]. 贵州地质,38(1):65-70.
- 王常微,张克信,何卫红,等. 2020. 贵州威宁鱼坝稀土含矿岩系的锆石 U-Pb 年龄[J]. 贵州地质,37(1):14-23.
- 王强,杨瑞东,鲍森. 2008. 贵州毕节地区煤层中稀土元素在含煤地层划分与对比中应用探讨[J]. 沉积学报,26(1):21-27.
- 王伟,杨瑞东,鲍森,等. 2006. 贵州峨眉山玄武岩区风化壳与成矿关系[J]. 贵州大学学报(自然科学版),23(4):366-370.
- 王伟,杨瑞东,栾进华,等. 2011. 贵州西部玄武岩风化壳中稀土矿成矿机理及成矿模式[J]. 四川地质学报,31(4):420-423.
- 杨瑞东,王伟,鲍森,等. 2006. 贵州赫章二叠系玄武岩顶部稀土矿床地球化学特征[J]. 矿床地质,25(增刊):205-208.
- 张海. 2014. 黔西北地区稀土矿床地质地球化学特征及其成矿机制研究[D]. 成都理工大学博士学位论文:1-11.
- 张哨楠,丁晓琪,万友利,等. 2012. 致密碎屑岩中粘土矿物的形成机理与分布规律[J]. 西南石油大学学报(自然科学版),34(3):174-182.
- 张震,戴朝辉. 2010. 贵州稀土矿及成矿地质特征[J]. 矿产与地质,5:433-439.
- 朱和书,陈建书,彭成龙,等. 2019. 贵州水城地区二叠纪峨眉山玄武岩地质特征及其成矿响应探讨[J]. 贵州地质,36(1):37-48.
- Edzward J K, O' Melia C R. 1975. Clay distribution in recent estuarine sediment[J]. Clays and Clay Minerals,23:39-44.
- Ji Hongbing, Wang Shijie, Ouyang Ziyuan, et al. 2004. Geochemistry of red residua underlying dolomites in karst terrains of Yunnan - Guizhou Plateau II[J]. The mobility of rare earth elements during weathering. Chemical Geology,203:29-50.
- Yang Ruidong, Wang Wei, Zhang Xiaodong, et al. 2008. A new type of rare earth elements in weathering crust of Permian basalt in western Guizhou, NW China[J]. ScienceDirect,26:753-758.
- Zhang Zhengwei, Yang Xiaoyong, Li Shuang, et al. 2010. Geochemical characteristics of the Xuanwei Formation in West Guizhou: Significance of Sedimentary environment and mineralization [J]. Chin. J. Geochem,29:355-364.
- Zhou Lingjie, Zhang Zhengwei, Li Yujiao, et al. 2013. Geological and geochemical characteristics in the paleo-weathering crust sedimentary type REE deposits, western Guizhou, China [J]. Journal of Asian Earth Sciences,73:184-198.

Characteristics of the Ore-bearing Rock Series in Rare Earth of Yuba Section of Weining Area, Guizhou

YANG Zhong-qin, WANG Chang-wei, HU Cong-liang, DENG Yi, PAN Ying-juan

(Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] The late Permian rare earth mine in northwest Guizhou are located near the disconformity surface of the bottom of the Xuanwei formation. In Weining area, the rare earth deposits are divided into the upper and the lower layer, and the lower layer is consist of light-gray kaolinite clay rock, and the upper layer is light-gray kaolinite clay rock and aluminum kaolinite clay rock, the thickness of ore-bearing rock series change greatly in this area. In Yuba section, the ore-bearing rock series is complete and thick, the rare earth elements analysis, rock ore appraisal and X-ray powder diffraction quantitative analysis results shows that the Rare earth elements occur as ions in kaolinite clay/aluminite clay, and the rare earth mine formed in the warm, moist and frequent water lifting environment, the kaolinite clay rock and aluminum kaolinite clay rock formed by the weathering and hydrolysis of the basalt and tuff. The clastic clay rock and clayey aluminous rocks have good ore bearing property, they are the typical rock stratum of rare earth mine.

[Key Words] The ore-bearing rare earth Ore-bearing rock series; Late Permian; Weining; Northwest Guizhou