

# 贵州赫章二叠系玄武岩顶部稀土矿床地球 化学特征\*

## Geochemical character of rare earth mineral from the top of Permian basalt, Hezhang County, Guizhou Province

杨瑞东, 王伟, 鲍淼, 王强, 魏怀瑞

(贵州大学研究生院, 贵州 贵阳 550025)

YANG RuiDong, WANG Wei, BAO Miao, WANG Qiang and WEI HuaiRui

(Graduate School of Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China)

**摘要** 贵州西部毕节地区赫章二叠系玄武岩顶部灰白色高岭石粘土岩中发现稀土总量  $RE_2O_3$  为 0.023%~0.22%、矿体分布广、层位稳定、矿层厚度 3~4 m、远景储量很大的稀土矿床。稀土矿为玄武岩风化淋漓作用形成的风化壳型。这类玄武岩风化形成的稀土矿床的发现为中国寻找玄武岩风化壳型稀土矿提供了重要线索, 它对云南、贵州和四川寻找玄武岩风化壳型稀土矿床具有重要的指导意义。

**关键词** 稀土矿; 风化壳; 玄武岩; 二叠系; 贵州

稀土元素广泛应用于冶金、石油、玻璃、电子、化工等工业, 因此一直作为重要的矿产资源。由于稀土元素含量较高的矿物有 60 多种, 而有工业价值的矿物不到 10 种, 如独居石、氟碳铈矿、氟菱钙铈矿、磷钇矿、硅铈矿、褐钇铈矿等, 如我国的白云鄂博。而风化壳离子吸附型稀土矿虽然品位低, 但由于稀土元素容易提取, 越来越被重视, 如江西花岗岩风化形成的风化壳离子吸附型稀土矿。我国稀土矿资源丰富, 但目前具有工业开采价值的主要的矿物型(白云鄂博)和花岗岩风化形成的风化壳离子吸附型稀土矿(江西风化壳离子吸附型稀土矿)为主。随着冶金、石油、玻璃、电子、化工等工业的快速发展, 需要的稀土资源良将扩大, 就要求寻找新的稀土矿资源。

西南地区二叠系广泛分布峨眉山玄武岩, 其成因被认为是地幔热柱活动的产物(宋谢炎等, 1998; 2002; 徐义刚等, 2002; 何斌等, 2003; 2004; Ali et al. 2005), 通过近年来的研究, 发现玄武岩喷发与金矿、铜矿、铋矿、硫铁矿、锰矿、铅锌矿、铝土矿等成矿有着密切的联系(陶平等, 2005; 彭建堂等, 2003; 刘远辉, 1999; 刘远辉等, 2003; 夏学慧, 1994; 杨元根等, 2003; 陈履安, 2000; 杨竹森等, 2000; 王砚耕, 1998; 王砚耕等, 2003; 刘巽锋等, 2001; Liu et al. 2002; 罗效桓等, 2002; 伍广宇, 2003; 毛景文等, 2003; 陈文一等, 2003; Zhou et al. 2003)。由于峨眉山玄武岩中稀土元素背景值较高, 达到  $106 \times 10^{-6}$ ; (毛德明等, 1992), 如果玄武岩被强烈淋漓风化, 则稀土元素将富集, 可能形成类似于江西花岗岩风化形成的风化壳离子吸附型稀土矿床。因此, 对峨眉山玄武岩风化壳进行稀土矿床的研究越来越受到重视, 在 20 世纪 90 年代发现了少量的矿点和铝土矿体(黄训华, 1997; 曾励训, 1995), 同时, 近年来在新生代玄武岩风化壳中发现铝土矿化、红土型金矿化等(朱关祥等, 2000; 陈世益等, 1994), 更增强了在峨眉山玄武岩风化壳中寻找稀土矿、铝土矿和金矿的可能。

2005 年夏天, 本课题组对贵州西部的毕节地区峨眉山玄武岩顶部的风化壳进行调查、采样分析, 在赫章石崖口峨眉山玄武岩顶部的风化壳进行调查采样, 结果在玄武岩风化壳形成的高岭石粘土岩中发现高含

\*贵州省科学技术基金、贵州省省长基金、高层次人才基金和博士点建设项目联合资助

第一作者简介 杨瑞东, 男, 1963 年生, 博士, 教授, 博士生导师, 从事地层古生物、沉积矿产和地球化学的教学和科研工作。E-mail: rdyang@gzu.edu.cn

量的稀土矿，粘土岩中稀土总量  $RE_2O_3$  为 0.022%~0.22%，稀土以微细粒稀土矿物型为主，含少的离子吸附型稀土，稀土总量大部分超过离子型工业品位  $RE_2O_3$  0.05%，其中 0.1% 的富矿体可采厚度大于 1 m，其稀土含量多高于织金寒武系磷矿中的稀土量（杨瑞东等，2005）。该稀土矿床分布广，可采厚度大，品位高等特征成为一种新类型的稀土矿床。这一类型稀土矿床的发现，为中国寻找玄武岩风化壳型稀土矿提供了重要线索，它对云南、贵州和四川寻找玄武岩风化壳型稀土矿床具有重要的指导意义。

## 1 地质背景

贵州西部毕节地区晚二叠世峨眉山玄武岩分布广泛，厚度大，一般 400~600 m，威宁舍居乐剖面最厚，为 1 249 m。玄武岩喷发次数多达 24 次，可分为 3 个喷发旋回（毛德明等，1992）。第一旋回以玄武岩及玄武质火山碎屑岩组成；第二旋回主要为玄武质熔岩，以拉斑玄武岩占绝对优势。第三旋回以玄武质火山碎屑岩，玄武岩及凝灰岩组成（王砚耕等，2003）。毕节地区的威宁县境内第三旋回发育，以玄武岩及凝灰岩为主。

本研究剖面为赫章县石崖口，属于第三旋回玄武岩及凝灰岩已经被强烈风化淋漓，玄武岩及凝灰岩已经被高度风化为高岭石粘土岩，其中稀土矿品位高，含矿层厚度大，层位均属于第三喷发旋回的玄武岩及凝灰岩风化产物（图 1）。

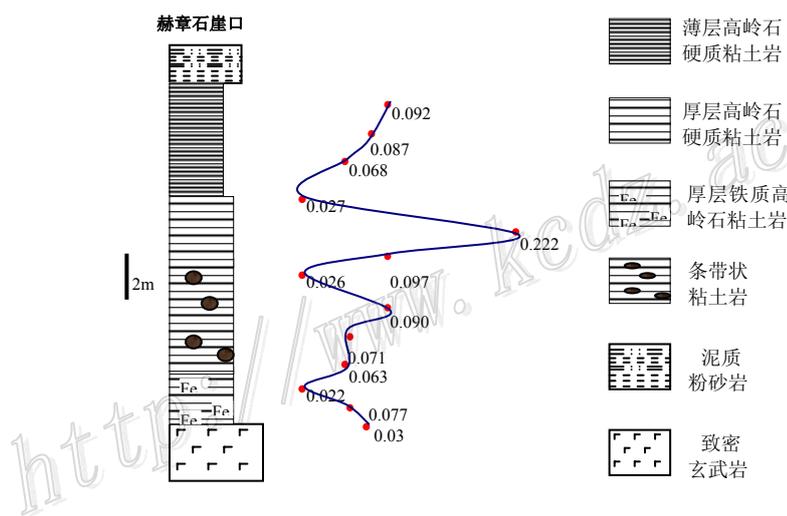


图 1 贵州赫章石崖口稀土矿含矿性及层位

## 2 玄武岩风化壳型稀土矿床特征

贵州赫章石崖口稀土矿体为似层状，矿层产状与围岩一致。矿体一般延伸 1 km，最长延伸 4~5 km，平均厚度 3 m，上下矿层之间有夹石。据 X 衍射和电子探针分析，稀土矿物可能为磷铝铈矿、氟碳铈矿及硅钇矿（黄训华，1997）。次为石英、方解石及褐铁矿等。稀土成分以轻稀土富集为特征，以 Ce, Nd, La, Pr, Sm, Eu 富集，累计达稀土总量的 91.72%，重稀土以 Gd, Dy, Y, Sc 含量较高为特征。稀土主要以微米级的细粒的稀土氧化物矿物形式存在，分布于粘土颗粒之间，还有 10% 的离子吸附型稀土。

赫章县石崖口稀土矿位于矿状拉斑玄武岩之上，砂质粘土岩之下。矿体厚度 15 m，稀土总量为 0.022%~0.222%（表 1），矿体自下而上可分为：①含褐铁矿硬质高岭石粘土岩，局部有风化残余玄武岩， $\Sigma RE_2O_3$  为 0.037%~0.077%，厚 2.5 m。②浅灰-灰白色硬质高岭石粘土岩，块状， $\Sigma RE_2O_3$  为 0.089%，厚 0.5 m。③含大量褐铁矿豆粒褐红色硬质高岭石粘土岩，稀土含量低， $\Sigma RE_2O_3$  为 0.026%，厚度为 0.5 m。④浅灰-灰白色硬质高岭石粘土岩，块状， $\Sigma RE_2O_3$  为 0.222%，是最好的矿层，厚度为 1.2 m。⑤浅灰色条带状

硬质高岭石粘土岩,  $\Sigma RE_2O_3$  为 0.027%~0.0682%, 厚度为 5.3m。⑥浅灰色-灰色页片状软质高岭石粘土岩, 含植物化石,  $\Sigma RE_2O_3$  为 0.087%~0.092%, 厚度为 5 m。

表 1 贵州赫章石崖口玄武岩风化壳主元素及稀土含量 ( $w_B/\%$ )

样号	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	灼失	$\Sigma RE_2O_3^*$
E-1	54.07	11.85	13.81	7.92	0.450	1.69	0.182	0.132	3.87	0.432	0.078	4.50	372
E-3	44.46	21.00	14.36	1.56	0.101	0.140	0.139	0.061	7.03	0.522	0.189	10.06	767
E-4	42.96	20.28	14.99	0.774	0.028	0.564	0.619	0.235	7.70	0.652	0.038	9.56	223
E-6	52.82	17.29	12.19	1.98	0.220	0.745	1.45	0.198	5.51	0.475	0.039	6.66	626
E-8	47.46	20.76	13.26	0.847	0.118	0.708	1.66	0.226	6.56	0.086	0.032	7.98	712
E-9	48.38	24.27	7.77	0.424	0.127	0.475	2.18	0.439	7.83	0.096	0.008	7.75	894
E-10	29.60	24.16	23.62	1.43	0.081	0.481	0.918	0.497	7.36	0.059	0.018	11.42	256
E-11	35.52	26.70	15.21	0.847	0.149	0.410	1.20	0.632	7.94	0.220	0.015	10.86	966
E-12	30.36	25.74	20.54	1.11	0.082	0.476	0.623	0.372	8.10	0.329	0.019	11.93	2220
E-13	33.18	25.36	20.02	0.759	0.063	0.354	0.809	0.620	7.22	0.070	0.010	11.26	270
E-14	59.40	24.36	1.84	0.117	0.099	0.538	2.71	0.704	3.83	0.097	0.018	6.06	679
E-15	46.73	33.11	0.750	0.117	0.157	0.278	1.57	1.84	5.86	0.193	0.002	9.19	873
E-16	46.48	33.44	0.570	0.263	0.151	0.276	1.49	1.82	5.91	0.199	0.001	9.16	922

注: 数据由宜昌地矿所测试中心周新齐测试。\*单位为 10<sup>-6</sup>。

表 2 贵州赫章石崖口玄武岩风化壳稀土组成 ( $w_B/10^{-6}$ )

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
E-1	57.5	101	13.3	59.6	11.8	4.59	12.1	1.70	10.3	1.84	5.28	0.60	3.50	0.41	27.5
E-3	156	219	29.7	124	22.9	5.80	15.2	2.33	12.1	2.21	5.13	0.72	3.99	0.44	41.4
E-4	23.4	49.8	6.49	28.4	7.11	3.08	8.40	1.42	9.15	1.70	4.53	0.62	3.59	0.42	37.3
E-6	108	203	21.8	101	17.0	4.43	11.1	1.82	9.99	1.65	4.11	0.45	2.85	0.29	34.9
E-8	111	191	29.6	155	26.9	5.86	14.8	1.92	11.1	2.22	5.11	0.72	4.01	0.52	36.8
E-9	101	122	32.0	144	29.4	7.23	30.6	5.59	37.8	8.31	23.9	3.01	19.8	2.29	178
E-10	34.6	69.0	6.98	22.2	7.13	3.59	13.2	2.14	10.9	1.68	3.48	0.45	2.75	0.41	34.4
E-11	156	296	35.4	176	38.2	12.3	28.0	3.90	16.7	2.58	4.96	0.62	3.09	0.34	34.2
E-12	269	734	92.9	498	99.9	23.4	50.3	6.97	29.2	4.05	6.30	0.77	3.39	0.33	43.1
E-13	55.6	83.1	9.25	36.0	5.80	1.36	4.70	0.80	4.76	0.71	2.45	0.34	2.13	0.26	17.9
E-14	116	209	22.0	77.5	14.3	2.69	12.7	2.16	16.2	3.02	9.02	1.31	8.16	0.98	69.5
E-15	142	256	30.0	137	27.6	6.02	19.3	3.12	20.3	3.47	10.1	1.30	7.49	0.96	63.7
E-16	149	268	31.0	137	26.6	6.26	20.8	3.32	21.4	3.74	10.3	1.40	8.22	0.94	80.1
玄武岩	40.46	84.66	6.56	38.08	7.55	2.27	5.08	1.60	2.10	1.56	1.30	0.55	2.47	0.42	28.52

注: 数据由宜昌地矿所测试中心周新齐测试, 玄武岩数据据毛德明等 (1992)。

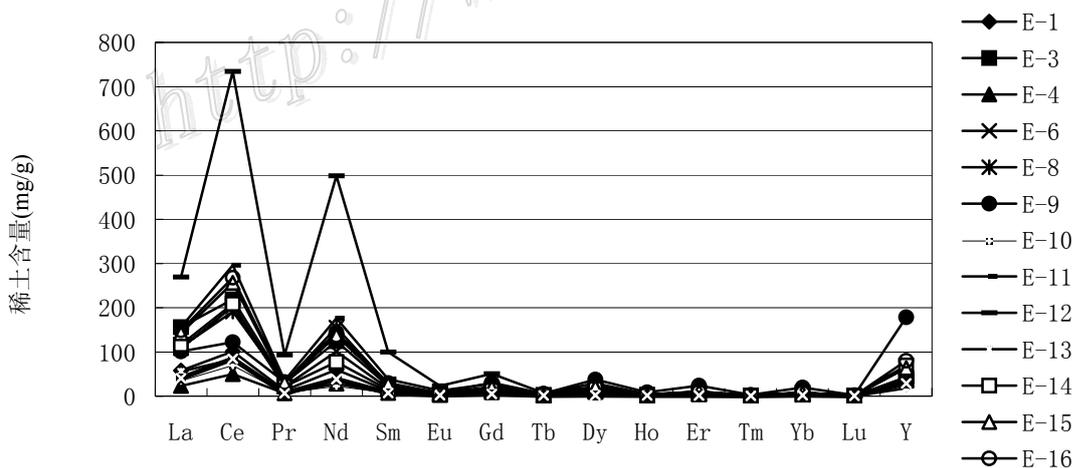


图 2 玄武岩风化壳中稀土元素与玄武岩中稀土元素比较

通过对玄武岩中稀土元素含量与玄武岩风化壳中稀土元素含量进行比较 (图 2), 可以清晰看到, 玄武岩稀土含量最低 (除 E-4, E-10), 其余风化壳中稀土配分均高于玄武岩, 特别是 E-12, E-11, E-16, E-15, E-3 等样品, 其在继承了玄武岩稀土配分特征基础上进行稀土富集, 说明稀土矿是玄武岩中稀土元素通过风化富集形成的。

### 3 玄武岩风化壳型稀土矿床发现的意义

稀土矿的形成与风化壳有直接的关系。它是由峨眉山玄武岩强烈风化形成红土,母岩中辉石中稀土元素被解吸出来,经过搬运迁移沉积形成。由于玄武岩中稀土元素丰度值较高,达 $106 \times 10^{-6}$ ,母岩被风化后,稀土元素搬运迁移,由于重稀土元素络合物不易被高岭石颗粒吸附,而轻稀土元素铈、镧和钕等容易被高岭石颗粒吸附,在脱附迁移再吸附过程中,轻稀土元素获得充分的富集,形成稀土矿床。

风化作用是稀土从母岩中解吸出来的先决条件,而风化作用形成的高岭石颗粒具有吸附稀土元素的特征,是稀土元素富集的重要条件,因此,玄武岩风化壳是稀土元素富集的重要层位,其控制着稀土矿床的分布。

峨眉山玄武岩在四川、云南、贵州均有分布,由于玄武岩喷发后长期暴露地表,经受风化淋漓,在贵州西部,云南东北部形成分布广泛而稳定的玄武岩风化壳。这次在贵州西部地区毕节、威宁、赫章等地普遍在玄武岩风化壳中发现稀土矿床,说明稀土矿在玄武岩风化壳中普遍富集,是一个新的玄武岩风化壳型稀土矿床。由于这一类型分布广泛,稀土含量较高,因此有可能发现一个大型稀土成矿远景区域。

#### 参 考 文 献

- 陈履安. 2000. 贵州砂锅厂玄武岩-红土型金矿成矿作用研究. 贵州地质, 17(4): 242~248.
- 陈文一, 王中刚, 刘家仁. 2003. 贵州二叠纪岩相古地理与沉积矿产关系. 古地理学报, 5(1): 17~27.
- 陈世益, 周芳. 1994. 论东南省区晚新生代玄武岩的铝土矿化. 轻金属, (8): 1~9.
- 何斌, 王雅玫, 姜晓玮. 2004. 上扬子西部茅口组灰岩顶部喀斯特地貌的厘定及地质意义. 中国地质, 31(1): 46~50.
- 何斌, 徐义刚, 肖龙. 2003. 峨眉山大火成岩省的形成机制及空间展布: 来自沉积地层学研究的新证据. 地质学报, 77(2): 194~202.
- 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.
- 罗效桓, 刘巽锋, 汪玉琼, 廖震文. 2002. 贵州威宁地区玄武岩铜矿地质特征. 贵州地质, 19(4): 215~220.
- 刘巽锋, 陶平. 2001. 贵州火山凝灰岩型金矿地质特征及找矿意义. 中国地质, 28(1): 30~35.
- 刘远辉. 1999. 贵州盘县片区金矿地质特征与成矿分析. 贵州地质, 16(1): 22~26.
- 刘远辉, 李进, 邓克勇. 2003. 贵州盘县地区峨眉山玄武岩铜矿的成矿地质条件. 贵州地质, 22(3): 713~717.
- 毛德明, 张启厚, 安树仁. 1992. 贵州西部峨眉山玄武岩及其有关矿产. 贵阳: 贵州科技出版社, 1~187.
- 毛景文, 王志良, 李厚民, 王成玉, 陈毓川. 2003. 云南鲁甸地区二叠纪玄武岩中铜矿床的碳同位素对成矿过程的指示. 地质论评, 49(6): 610~615.
- 彭建堂, 胡瑞忠, 蒋国家. 2003. 贵州晴隆铋矿床中萤石的Sr同位素地球化学. 高校地质学报, 9(2): 244~251.
- 宋谢炎, 侯增谦, 汪云亮, 张成江, 曹志敏, 李佑国. 2002. 峨眉山玄武岩的地幔热柱成因. 矿物岩石, 22(4): 27~32.
- 宋谢炎, 王玉兰, 曹志敏, 金景福, 李巨初, 温春齐. 1998. 峨眉山玄武岩、峨眉山裂运动与幔热柱. 地质地球化学, 21(1): 47~52.
- 陶平, 杜昌乾, 马荣, 朱华, 杜芬应, 韩忠华, 廖莉萍. 2005. 贵州及邻区二叠系锰矿地质特征及成矿作用探讨. 贵州地质, 22(2): 103~108.
- 王砚耕. 1998. 贵州西南部红土型金矿成矿背景及其控制因素. 贵州地质, 15(4): 299~304.
- 王砚耕, 王尚彦. 2003. 峨眉山大火成岩省与玄武岩铜矿. 贵州地质, 20(1): 5~10.
- 伍广宇. 2003. 黔西北威宁黑山坡铜矿可能源于玄武岩古风化壳. 广东地质, 18(1): 66~68.
- 夏学慧. 1994. 贵州三岔河硫铁矿床中假像黄铁矿的发现及其成因意义. 化工地质, 16(1): 22~28.
- 徐义刚, 钟孙霖. 2001. 峨眉山大火成岩省: 地幔柱活动的证据及其熔融条件. 地球化学, 30(1): 1~9.
- 杨瑞东, 高慧, 王强, 鲍森. 2005. 贵州织金三甲寒武系戈仲伍组含磷岩系稀土富集规律研究. 中国稀土学报, 23(6): 742~748.
- 杨元根, 刘世荣. 2003. 贵州老万场金矿成矿物质来源的研究. 矿物学报, 24(3): 364~370.
- 杨竹森, 高振敏, 罗泰义, 饶文波. 2000. 黔西南老万场红色粘土型金矿床成因探讨. 矿物岩石地球化学通报, 19(4): 273~275.
- 曾励训. 1995. 贵州威宁晚二叠世古风化壳铝土矿. 贵州地质, 12(1): 54~55.
- 朱关祥, 闵隆瑞, 李金洪. 2000. 河北阳原中新世玄武岩风化壳中首次发现红土型金矿异常. 地质论评, 46(5): 471.
- Ali J R, Thompson G M, Zhou M-F and Song X Y. 2005. Emeishan large igneous province, SW China. Lithos, 79: 475~489.
- Liu J M, Ye J, Ying H L, Liu J J, Zheng M H and Gu X X. 2002. Sediment-hosted micro-disseminated gold mineralization constrained by basin paleo-topographic highs in the Youjiang basin, South China. Asian Earth Sciences, 20: 517~533.
- Zhou Y, Bohor B F and Ren Y. 2000. Trace element geochemistry of altered volcanic ash / layers tonsteins in Late Permian coal-bearing formations of eastern Yunnan and western Guizhou Provinces, China. International Journal of Coal Geology, 44: 305~324.