

贵州威宁鱼坝稀土含矿岩系的锆石 U-Pb 年龄

王常微^{1,2}, 张克信¹, 何卫红¹, 杨忠琴², 杨廷禄¹, 胡从亮²,
张 扬³, 邓 毅², 于志松¹

(1. 中国地质大学(武汉)地质调查研究院, 武汉 430074; 2. 贵州省地质调查院,
贵阳 550081; 3. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

[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,在威宁鱼坝剖面含矿岩系完整且厚度较大。在含矿岩系底部凝灰质粘土岩中取样测得锆石 U-Pb 平均年龄为 $254.11 \text{ Ma} \pm 0.98 \text{ Ma}$,含矿岩系顶部熔结凝灰岩锆石 U-Pb 年龄为 $252.0 \text{ Ma} \pm 0.82 \text{ Ma}$ (谐和年龄) 和 $251.9 \text{ Ma} \pm 1.86 \text{ Ma}$ (平均年龄)。证实黔西北晚二叠世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。

[关键词] 锆石 U-Pb 年龄; 稀土矿; 含矿岩系; 威宁鱼坝; 黔西北

[中图分类号] P618.7; P597+3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2020)-01-0014-10

1 引言

贵州西部晚二叠世的稀土矿 1973 年在 1:20 万威宁幅区域矿产普查中发现于宣威组底部(贵州省地矿局 108 地质队, 1973)。多年来,大量专家、学者先后对该类型稀土矿床的地质特征、地球化学特征、成矿规律、稀土元素的赋存状态和成矿模式、沉积环境等方面进行了研究,分别提出了风化淋积型稀土矿床(王伟等, 2006; 王伟等, 2011; 杨瑞东等, 2006; Yang et al., 2008; 王强等, 2008; Wang et al., 2008; Ji et al., 2004; Han et al., 2006; 张震等., 2010)、沉积型高岭石质粘土岩稀土矿床(黄训华, 1997, 1998; Zhang et al., 2010; Zhou et al., 2013)、沉积-再造型稀土矿床(张海, 2014)等多种成因类型。无论哪种见解,都认为矿源层为

下伏峨眉山玄武岩。

峨眉山玄武岩的形成时代为 260 Ma ~ 255 Ma (王登红等, 2007; Zhou et al., 2002), 其主喷发期基本上可限定在 256 Ma 左右 (Zhu et al., 2003; Boven et al., 2002; Lo et al., 2002)。对玄武岩层序古地磁测量解释喷发时限为 1 Ma ~ 2 Ma (Huang et al., 1998)。许连忠等用迭代法恢复宣威组硅质页岩的 Rb-Sr 同位素古混合线, 得到硅质页岩年龄 (255 ± 12) Ma, 约束了峨眉山玄武岩喷发的上限(许连忠等, 2006)。He 等人通过玄武岩碎屑锆石测定玄武岩喷发时限为 260 Ma, 并证实其上覆宣威组为峨眉山玄武岩风化剥蚀的沉积响应(He et al., 2007)。

笔者在野外工作过程中,发现威宁地区稀土矿分为上下两层,下层产于浅灰白色高岭石粘土岩,上层产于灰白色高岭石粘土岩、灰白色硬质铝

[收稿日期] 2019-09-17 **[修回日期]** 2019-12-30

[基金项目] 本文为贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目“黔西北晚二叠世稀土成矿作用与形成机理研究”(黔地矿科合 201509) 成果。贵州省科技计划项目: 贵州省地质调查院院士工作站(编号: 黔科合平台人才[2018]5626)、贵州省地质物探开发应用工程技术研究中心(编号: 黔科合[2016]平台人才 5401)。

[作者简介] 王常微, (1966—), 女, 高级工程师, 从事区域地质调查、区域矿产调查、信息技术应用。Email: wchw91831@sina.com

[通讯作者] 张克信, (1954—) 男, 中国地质大学(武汉), 教授, 从事古生物学与地层学研究。Email: kx_zhang@cug.edu.cn

质粘土岩。两层稀土矿层厚度在平面上变化较大,可能与晚二叠世时期的岩相古地理环境有关。

本次选取了下矿层底部凝灰质粘土岩、上矿层顶部熔结凝灰岩进行锆石 U-Pb 年龄测定,限制稀土含矿岩系的形成时限。

2 区域地质背景

研究区稀土矿分布于峨眉山玄武岩第三段顶部及宣威组下部,峨眉山玄武岩与上伏宣威组粘土岩为假整合接触。黔西北地区出露构造主要为北东向与北西向褶皱及断裂,地层从老到新出露震旦系、寒武系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、新近系、第四系,以大面积分布石炭系—三叠系为主(图 1)。黑石头一带位于北西向

岔河向斜南东翼,主要分布晚二叠世峨眉山玄武岩组第三段、宣威组、早三叠世东川组。峨眉山玄武岩第三段为拉斑玄武岩、杏仁状玄武岩、凝灰岩,夹玄武质沉火山角砾岩、玄武质浆屑凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质粘土岩;宣威组由粘土岩、砂质粘土岩、玄武岩屑砂岩、粉砂岩、菱铁矿和煤线交替组成,夹凝灰岩、凝灰质粘土岩,底部为一层铁矿层或灰白色铝质粘土岩。东川组为紫红色粘土岩、粉砂岩及岩屑砂岩(贵州省地质调查院,2017)。

贵州省威宁彝族回族苗族自治县黑石头镇鱼坝村一带,峨眉山玄武岩第三段顶部浅灰白色高岭石粘土岩(下矿层, $\sum \text{REE}>4\,000\text{ ppm}$)与上伏宣威组下段灰白色铝质粘土岩(上矿层, $\sum \text{REE}>1\,500\text{ ppm}\sim 6\,000\text{ ppm}$)中的稀土总量已达离子吸附型稀土矿的工业品位。

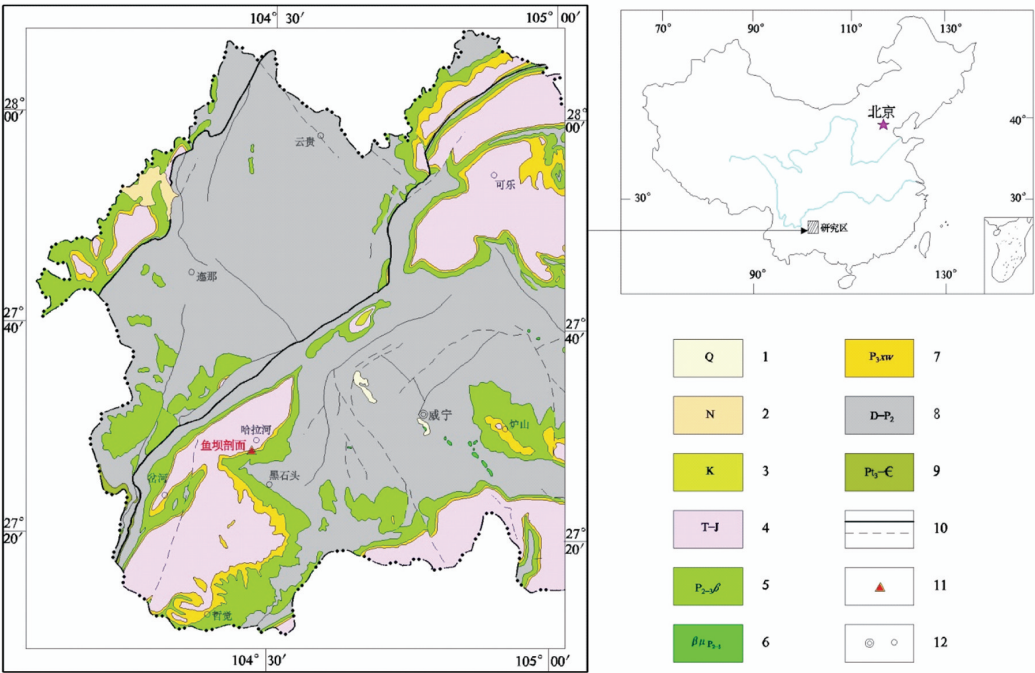


图 1 研究区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the study area

1—第四系;2—新近系;3—白垩系;4—三叠系-侏罗系;5—峨眉山玄武岩组;6—辉绿岩;7—宣威组;8—泥盆系-中二叠统;9—晚元古-寒武系;10—断层;11—取样位置;12—居民地

3 实验

3.1 采样

本次在贵州省威宁县黑石头镇鱼坝村(坐标 103°59'09.33"~26°47'55.53")测制稀土含矿岩系剖面,剖面总厚 16 m,采集同位素年龄样 2 件(图

2), YB-2 取于稀土含矿岩系底部凝灰质粘土岩, YB-13b 取于稀土含矿岩系顶部熔结凝灰岩上部。

鱼坝含矿岩系剖面从下往上呈现沉火山角砾岩/角砾状玄武岩—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—铝质粘土岩—熔结凝灰岩—含炭质粘土岩—角砾状粘土岩 5 个旋回。玄武岩/沉凝灰岩/熔结凝灰岩之上为古风化壳。

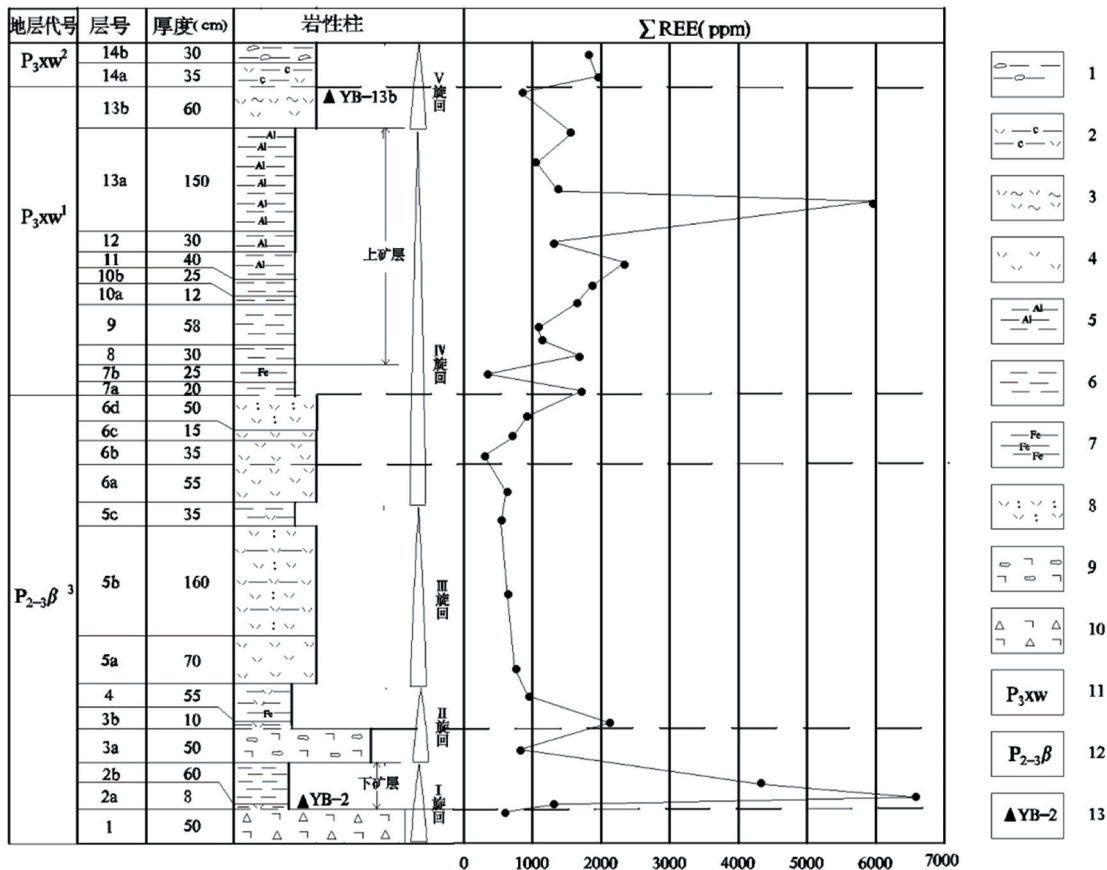


图 2 鱼坝剖面稀土含矿岩系柱状图

Fig. 2 Histogram of rare earth ore-bearing rock series in Yuba section

1—角砾状粘土岩;2—炭质粘土岩;3—熔结凝灰岩;4—凝灰岩;5—铝质粘土岩;6—高岭石粘土岩;7—褐铁矿化角砾状粘土岩;8—沉凝灰岩;9—含杏仁体拉斑玄武岩;10—沉火山角砾岩/角砾状玄武岩;11—宣威组;12—峨眉山玄武岩组;13—取样位置

3.2 实验方法

样品测试在中国地质科学院矿产资源研究所成矿作用与资源评价重点实验室完成。锆石微量元素含量和 U-Pb 同位素定年利用 LA-Q-ICP-MS 同时分析完成。激光剥蚀系统为 Newwave UP213, ICP-MS 为 Bruker M90。激光剥蚀过程中采用氦气作载气、氩气为补偿气以调节灵敏度,二者在进入 ICP 之前通过一个 Y 型接头混合。每个时间分辨分析数据包括大约 15-20s 的空白信号和 45s 的样品信号。对分析数据的离线处理(包括对样品和空白信号的选择、仪器灵敏度漂移校正、元素含量及 U-Th-Pb 同位素比值和年龄计算)采用软件 ICPMSDataCal (Liu et al., 2010; 侯可军等, 2009) 完成。详细的仪器操作条件和数据处理方法同侯可军等(2009)。

锆石微量元素含量利用 SRM610 作为外标、Si 作内标的方法进行定量计算 (Liu et al., 2010)。

USGS 玻璃中元素含量的推荐值据 GeoReM 数据库 (<http://georem.mpch-mainz.gwdg.de/>)。U-Pb 同位素定年中采用锆石标准 GJ-1 作外标进行同位素分馏校正,每分析 5-10 个样品点,分析 2 次 GJ-1。对于与分析时间有关的 U-Th-Pb 同位素比值漂移,利用 GJ-1 的变化采用线性内插的方式进行了校正 (Liu et al., 2010)。锆石样品的 U-Pb 年龄谐和图绘制和年龄权重平均计算均采用 Isoplot 完成。

4 结果

YB-2 样品中 70 颗锆石(图 3)测得 41 组 U-Pb 年龄,范围在 245 Ma ~ 263 Ma, 26 个锆石年龄测点均谐和线上,其它 15 个测点在谐和线附近。YB-2 锆石阴极发光图像分析见图 4,有关测试结果见表 1 及图 5。平均年龄为 254.11Ma±0.98 Ma (MSWD=1.12)。

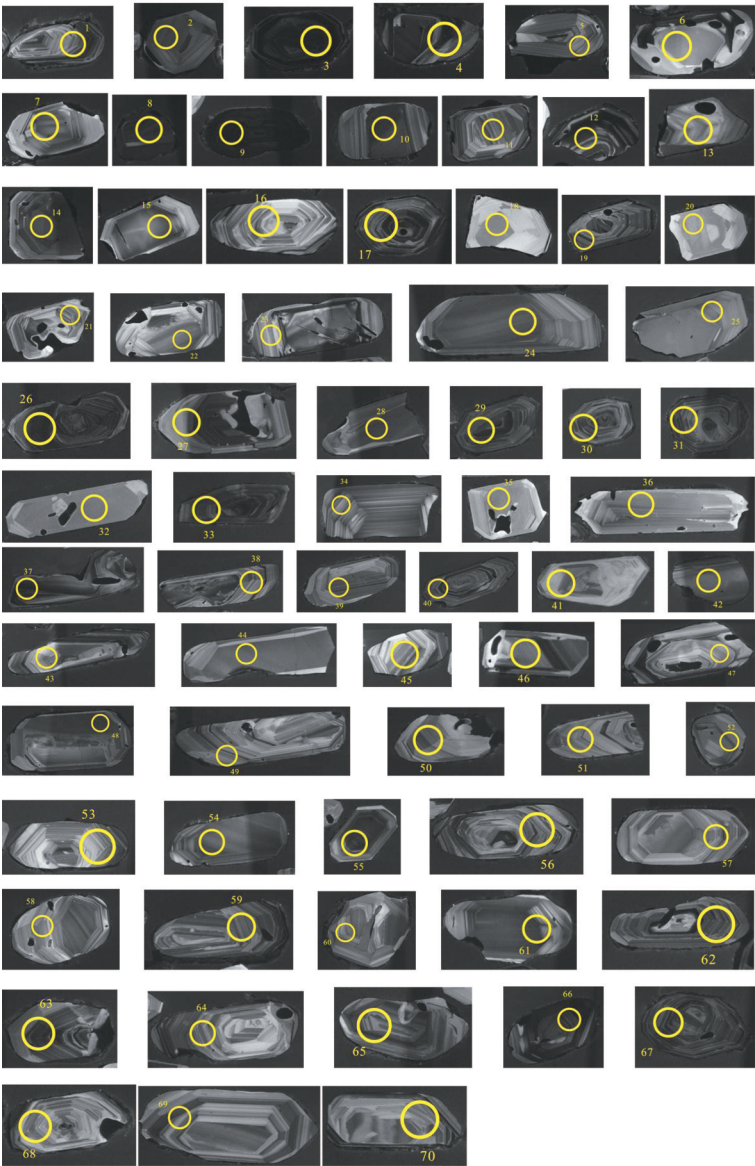


图 3 样品 YB-2 锆石阴极发光图

Fig. 3 Zircon cathodoluminescence image of sample YB-2

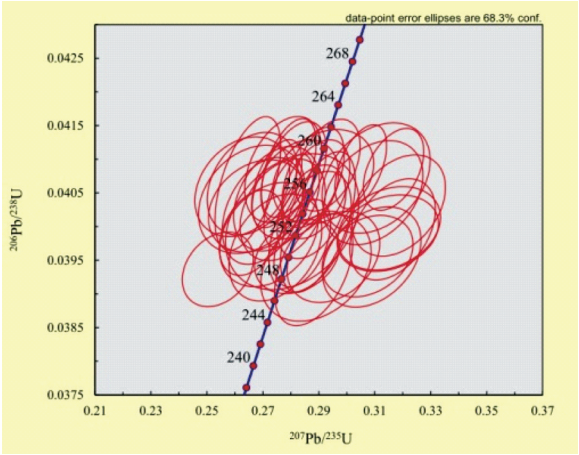


图 4 样品 YB-2 锆石阴极发光图像分析

Fig. 4 Zircon cathodoluminescence image analysis of sample YB-2

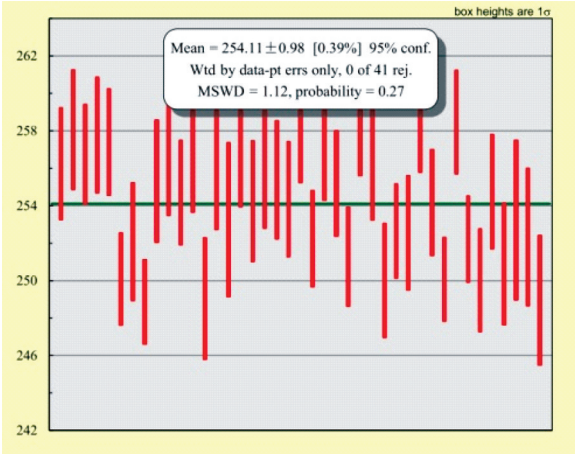


图 5 样品 YB-2 锆石 U-Pb 同位素图谱

Fig. 5 Zircon U-Pb isotope maps of sample YB-2

表 1 样品 YB-2 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年

Table 1 Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating of sample YB-2

Sample No.	Th/U	207Pb/206Pb			207Pb/235U			206Pb/238U			207Pb/206Pb			207Pb/235U			206Pb/238U		
		Ratio	Isigma	Age(Ma)	Ratio	Isigma	Age(Ma)	Ratio	Isigma	Age(Ma)	Ratio	Isigma	Age(Ma)	Ratio	Isigma	Age(Ma)	Ratio	Isigma	Age(Ma)
YB-2-1	0.610 18	0.001 45	0.288 83	0.288 83	0.008 09	0.000 48	272.285	0.040 56	0.000 48	272.285	69.435	6.371	257.642	6.371	256.276	2.996 26			
YB-2-2	0.670 30	0.001 62	0.277 20	0.277 20	0.009 05	0.000 52	168.600	0.040 85	0.000 52	168.600	71.285	7.199	248.430	7.199	258.093	3.209 28			
YB-2-3	0.550 14	0.001 12	0.274 99	0.274 99	0.005 92	0.000 43	161.195	0.040 64	0.000 43	161.195	51.843	4.717	246.677	4.717	256.779	2.676 25			
YB-2-4	1.132 20	0.001 25	0.281 02	0.281 02	0.007 72	0.000 50	194.525	0.040 80	0.000 50	194.525	26.848	6.115	251.469	6.115	257.788	3.098 70			
YB-2-5	0.569 88	0.001 95	0.291 59	0.291 59	0.011 89	0.000 46	279.690	0.040 74	0.000 46	279.690	87.025	9.350	259.813	9.350	257.428	2.856 55			
YB-2-6	1.120 16	0.001 84	0.307 42	0.307 42	0.010 72	0.000 40	477.820	0.039 56	0.000 40	477.820	72.215	8.324	272.178	8.324	250.117	2.476 16			
YB-2-7	0.781 99	0.002 09	0.272 16	0.272 16	0.011 64	0.000 51	190.820	0.039 88	0.000 51	190.820	98.133	9.291	244.423	9.291	252.101	3.163 66			
YB-2-8	0.599 41	0.001 39	0.253 90	0.253 90	0.008 39	0.000 37	42.690	0.039 36	0.000 37	42.690	79.620	6.796	229.743	6.796	248.896	2.264 18			
YB-2-11	0.699 13	0.002 16	0.265 90	0.265 90	0.012 50	0.000 53	116.755	0.040 41	0.000 53	116.755	105.540	10.024	239.413	10.024	255.344	3.278 17			
YB-2-12	1.071 57	0.001 80	0.262 67	0.262 67	0.011 20	0.000 49	57.500	0.040 59	0.000 49	57.500	88.880	9.009	236.814	9.009	256.505	3.026 33			
YB-2-13	0.415 33	0.002 00	0.267 83	0.267 83	0.011 41	0.000 45	131.570	0.040 31	0.000 45	131.570	99.060	9.137	240.960	9.137	254.731	2.803 85			
YB-2-14	0.779 27	0.001 73	0.266 14	0.266 14	0.010 59	0.000 50	83.425	0.040 64	0.000 50	83.425	85.175	8.491	239.601	8.491	256.782	3.112 88			
YB-2-15	0.945 11	0.002 64	0.288 97	0.288 97	0.013 02	0.000 53	383.385	0.039 39	0.000 53	383.385	76.845	10.257	257.746	10.257	249.064	3.259 10			
YB-2-17	0.633 03	0.001 33	0.264 63	0.264 63	0.007 77	0.000 66	79.720	0.040 64	0.000 66	79.720	66.660	6.242	238.392	6.242	256.795	4.059 31			
YB-2-20	0.750 02	0.003 00	0.280 49	0.280 49	0.015 72	0.000 67	264.880	0.040 07	0.000 67	264.880	133.315	12.466	251.044	12.466	253.281	4.126 69			
YB-2-21	0.790 09	0.002 27	0.310 46	0.310 46	0.012 76	0.000 54	433.380	0.040 72	0.000 54	433.380	97.213	9.891	274.540	9.891	257.298	3.348 73			
YB-2-22	0.941 08	0.001 66	0.269 90	0.269 90	0.009 52	0.000 52	120.460	0.040 23	0.000 52	120.460	79.623	7.616	242.617	7.616	254.277	3.244 04			
YB-2-23	0.752 62	0.001 92	0.309 43	0.309 43	0.011 73	0.000 51	413.010	0.040 50	0.000 51	413.010	77.770	9.095	273.737	9.095	255.961	3.155 63			
YB-2-24	0.620 48	0.001 92	0.274 89	0.274 89	0.010 11	0.000 51	187.120	0.040 41	0.000 51	187.120	86.098	8.049	246.600	8.049	255.404	3.176 18			
YB-2-25	0.554 35	0.001 97	0.277 11	0.277 11	0.010 07	0.000 50	209.330	0.040 25	0.000 50	209.330	90.728	8.006	248.364	8.006	254.387	3.090 76			
YB-2-26	0.375 86	0.001 12	0.279 24	0.279 24	0.006 47	0.000 48	164.900	0.040 87	0.000 48	164.900	53.695	5.133	250.055	5.133	258.234	2.993 30			
YB-2-27	0.711 22	0.001 40	0.265 90	0.265 90	0.007 56	0.000 42	105.645	0.039 91	0.000 42	105.645	68.513	6.060	239.412	6.060	252.270	2.587 97			
YB-2-28	1.091 02	0.001 20	0.287 98	0.287 98	0.007 31	0.000 49	231.550	0.040 73	0.000 49	231.550	53.693	5.763	256.966	5.763	257.356	3.046 80			
YB-2-29	0.668 68	0.001 07	0.279 17	0.279 17	0.005 83	0.000 46	187.120	0.040 38	0.000 46	187.120	19.440	4.629	250.000	4.629	255.216	2.827 46			
YB-2-30	0.539 60	0.001 27	0.284 09	0.284 09	0.006 67	0.000 43	264.880	0.039 75	0.000 43	264.880	57.400	5.274	253.897	5.274	251.307	2.656 71			
YB-2-31	0.489 50	0.001 48	0.316 71	0.316 71	0.007 12	0.000 40	479.670	0.040 85	0.000 40	479.670	59.253	5.494	279.371	5.494	258.102	2.485 48			
YB-2-32	0.764 14	0.001 84	0.281 61	0.281 61	0.010 18	0.000 48	216.740	0.040 55	0.000 48	216.740	85.173	8.068	251.937	8.068	256.247	3.004 65			
YB-2-34	0.693 40	0.002 24	0.308 94	0.308 94	0.011 62	0.000 49	500.040	0.039 55	0.000 49	500.040	54.625	9.011	273.362	9.011	250.039	3.048 94			

续表 1

Sample No.	Th/U	207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U		207Pb/206Pb		207Pb/235U		206Pb/238U	
		Ratio	1sigma	Ratio	1sigma	Ratio	1sigma	Age(Ma)	1sigma	Age(Ma)	1sigma	Age(Ma)	1sigma
YB-2-35	0.676 58	0.002 34	0.315 09	0.315 09	0.012 14	0.039 97	0.000 41	516.705	88.875	278.122	9.370	252.672	2.535 86
YB-2-36	0.825 62	0.002 07	0.316 38	0.316 38	0.010 07	0.039 96	0.000 50	531.520	77.765	279.111	7.768	252.580	3.074 62
YB-2-37	0.857 16	0.001 01	0.305 00	0.305 00	0.006 07	0.040 89	0.000 41	372.275	42.588	270.301	4.727	258.342	2.548 31
YB-2-38	0.636 97	0.001 49	0.287 38	0.287 38	0.008 08	0.040 22	0.000 46	287.100	66.660	256.497	6.373	254.197	2.842 75
YB-2-39	0.633 42	0.001 96	0.282 17	0.282 17	0.010 00	0.039 56	0.000 36	294.505	85.175	252.379	7.918	250.081	2.252 31
YB-2-40	0.675 18	0.001 25	0.293 16	0.293 16	0.007 67	0.040 91	0.000 45	279.690	55.550	261.044	6.019	258.487	2.786 27
YB-2-44	0.798 14	0.002 09	0.314 65	0.314 65	0.011 96	0.039 90	0.000 37	494.485	79.623	277.781	9.238	252.236	2.320 39
YB-2-45	0.711 92	0.002 04	0.295 20	0.295 20	0.010 95	0.039 55	0.000 45	388.940	85.178	262.642	8.583	250.040	2.761 98
YB-2-46	1.455 42	0.002 06	0.318 56	0.318 56	0.011 02	0.040 31	0.000 50	520.410	79.618	280.792	8.490	254.776	3.072 80
YB-2-47	0.445 05	0.002 14	0.274 46	0.274 46	0.010 94	0.039 69	0.000 52	231.550	98.133	246.251	8.720	250.910	3.252 27
YB-2-48	0.855 92	0.001 76	0.289 67	0.289 67	0.008 82	0.040 07	0.000 69	331.540	75.918	258.296	6.948	253.264	4.273 42
YB-2-49	0.490 99	0.001 69	0.286 86	0.286 86	0.009 75	0.039 92	0.000 59	298.210	74.065	256.088	7.693	252.358	3.678 56
YB-2-50	0.574 57	0.001 73	0.288 15	0.288 15	0.009 23	0.039 38	0.000 56	342.650	74.065	257.098	7.273	248.979	3.474 17
YB-2-51	0.556 53	0.001 83	0.288 32	0.288 32	0.011 17	0.040 85	0.001 00	264.880	78.690	257.234	8.807	258.070	6.217 07
YB-2-53	0.543 78	0.001 95	0.286 35	0.286 35	0.010 40	0.040 16	0.000 75	301.910	83.323	255.682	8.208	253.8	4.627 96
YB-2-54	0.759 39	0.002 10	0.311 31	0.311 31	0.012 05	0.040 54	0.000 86	472.265	81.475	275.193	9.334	256.193	5.300 93
YB-2-55	1.074 80	0.001 45	0.279 77	0.279 77	0.007 90	0.039 59	0.000 64	264.880	58.325	250.477	6.268	250.282	3.980 91
YB-2-56	0.475 32	0.001 94	0.301 50	0.301 50	0.010 76	0.040 65	0.000 65	372.275	76.845	267.568	8.395	256.847	4.024 44
YB-2-57	0.573 30	0.001 68	0.286 01	0.286 01	0.008 75	0.040 07	0.000 44	287.100	74.065	255.414	6.912	253.277	2.740 50
YB-2-58	0.537 52	0.001 96	0.289 50	0.289 50	0.010 12	0.040 23	0.000 52	322.280	85.178	258.167	7.968	254.281	3.206 61
YB-2-59	0.538 18	0.001 47	0.290 31	0.290 31	0.008 15	0.039 40	0.000 51	350.055	62.955	258.805	6.410	249.125	3.181 71
YB-2-60	0.608 62	0.001 57	0.277 70	0.277 70	0.008 37	0.039 99	0.000 46	233.400	74.988	248.832	6.654	252.752	2.882 32
YB-2-61	1.080 71	0.001 32	0.303 37	0.303 37	0.007 51	0.039 79	0.000 43	433.380	53.700	269.031	5.853	251.545	2.639 85
YB-2-62	0.645 71	0.001 17	0.303 34	0.303 34	0.007 13	0.040 17	0.000 52	466.710	48.143	269.009	5.555	253.891	3.197 77
YB-2-63	0.882 28	0.001 39	0.287 10	0.287 10	0.007 37	0.040 22	0.000 46	283.395	54.625	256.273	5.817	254.209	2.821 66
YB-2-65	0.642 17	0.001 59	0.295 58	0.295 58	0.008 75	0.039 93	0.000 43	361.165	66.660	262.941	6.855	252.415	2.653 13
YB-2-66	1.457 18	0.000 93	0.307 97	0.307 97	0.005 70	0.040 70	0.000 43	405.605	37.035	272.606	4.423	257.183	2.693 10
YB-2-67	0.505 02	0.000 94	0.286 41	0.286 41	0.005 24	0.040 53	0.000 48	257.470	40.735	255.733	4.137	256.119	2.951 77
YB-2-68	0.548 45	0.001 88	0.294 90	0.294 90	0.009 56	0.039 60	0.000 39	387.090	77.770	262.412	7.500	250.379	2.392 13
YB-2-69	0.480 57	0.001 14	0.284 65	0.284 65	0.006 94	0.040 24	0.000 42	250.065	51.840	254.340	5.489	254.341	2.581 91
YB-2-70	0.581 24	0.001 41	0.296 39	0.296 39	0.008 41	0.040 42	0.000 53	344.500	61.105	263.573	6.589	255.437	3.300 12

表 2 样品 YB-13b 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年

Table 2 Zircon LA-ICP-MS U-Pb dating of sample YB-13b

Sample No.	Th/U	207Pb/206Pb			207Pb/235U			206Pb/238U			207Pb/206Pb			207Pb/235U			206Pb/238U		
		Ratio	1sigma		Ratio	1sigma		Ratio	1sigma		Age(Ma)	1sigma		Age(Ma)	1sigma		Age(Ma)	1sigma	
YB-13B-1	0.810 98	0.054 06	0.002 36		0.296 45	0.012 72		0.040 07	0.000 59		372.275	102.768		263.626	9.961 5		253.281	3.656 3	
YB-13B-6	0.706 09	0.050 55	0.002 39		0.274 64	0.012 27		0.040 10	0.000 60		220.440	111.095		246.396	9.771 4		253.482	3.705 2	
YB-13B-9	0.916 76	0.049 93	0.001 37		0.275 35	0.007 42		0.040 32	0.000 50		190.820	62.953		246.959	5.909 6		254.825	3.073 9	
YB-13B-10	0.666 87	0.054 85	0.001 93		0.304 05	0.010 86		0.040 43	0.000 63		405.605	79.623		269.557	8.458 2		255.506	3.911 2	
YB-13B-12	0.835 48	0.055 19	0.001 80		0.299 44	0.009 64		0.040 13	0.000 76		420.420	76.845		265.964	7.534 7		253.620	4.681 2	
YB-13B-13	0.622 29	0.056 19	0.002 23		0.310 42	0.012 84		0.040 25	0.000 68		461.155	88.880		274.504	9.950 4		254.375	4.236 1	
YB-13B-16	0.897 09	0.052 88	0.001 07		0.290 19	0.006 49		0.039 77	0.000 33		324.130	46.290		258.710	5.109 0		251.402	2.068 0	
YB-13B-17	1.207 29	0.053 37	0.001 93		0.292 72	0.010 39		0.040 00	0.000 37		346.350	86.103		260.698	8.160 0		252.817	2.300 8	
YB-13B-19	0.845 35	0.051 72	0.002 17		0.278 36	0.012 08		0.039 11	0.000 55		272.285	96.283		249.353	9.594 1		247.304	3.383 7	
YB-13B-20	0.890 84	0.056 18	0.002 11		0.302 25	0.010 92		0.039 50	0.000 51		461.155	85.178		268.154	8.511 6		249.735	3.183 4	
YB-13B-21	0.786 87	0.051 54	0.002 27		0.281 37	0.012 03		0.039 71	0.000 53		264.880	99.985		251.745	9.532 3		251.057	3.281 6	
YB-13B-23	0.509 84	0.053 20	0.000 97		0.294 77	0.006 29		0.040 04	0.000 39		344.500	47.218		262.306	4.932 7		253.105	2.424 5	
YB-13B-24	0.628 28	0.054 34	0.001 67		0.295 65	0.008 89		0.039 60	0.000 43		387.090	65.735		262.994	6.966 6		250.329	2.656 1	
YB-13B-27	0.840 67	0.051 37	0.002 53		0.273 08	0.012 00		0.039 31	0.000 51		257.470	114.798		245.157	9.572 2		248.563	3.174 3	
YB-13B-30	1.538 63	0.053 00	0.001 40		0.291 31	0.007 48		0.039 98	0.000 38		327.835	26.850		259.587	5.878 8		252.693	2.356 2	

YB-13b 样品中 30 颗锆石(图 6)测得 14 组 U-Pb 年龄,范围在 244 Ma ~ 262 Ma,12 个锆石年龄测点在谐和线上,2 个在谐和线附近。YB-13b 锆石阴极发光图像分析见图 7,有关测试结果

见表 2 及图 8。谐和年龄为 $252.0\text{ Ma}\pm0.82\text{ Ma}$ (MSWD = 14),平均年龄为 $251.9\text{ Ma}\pm1.86\text{ Ma}$ (MSWD=0.53)。

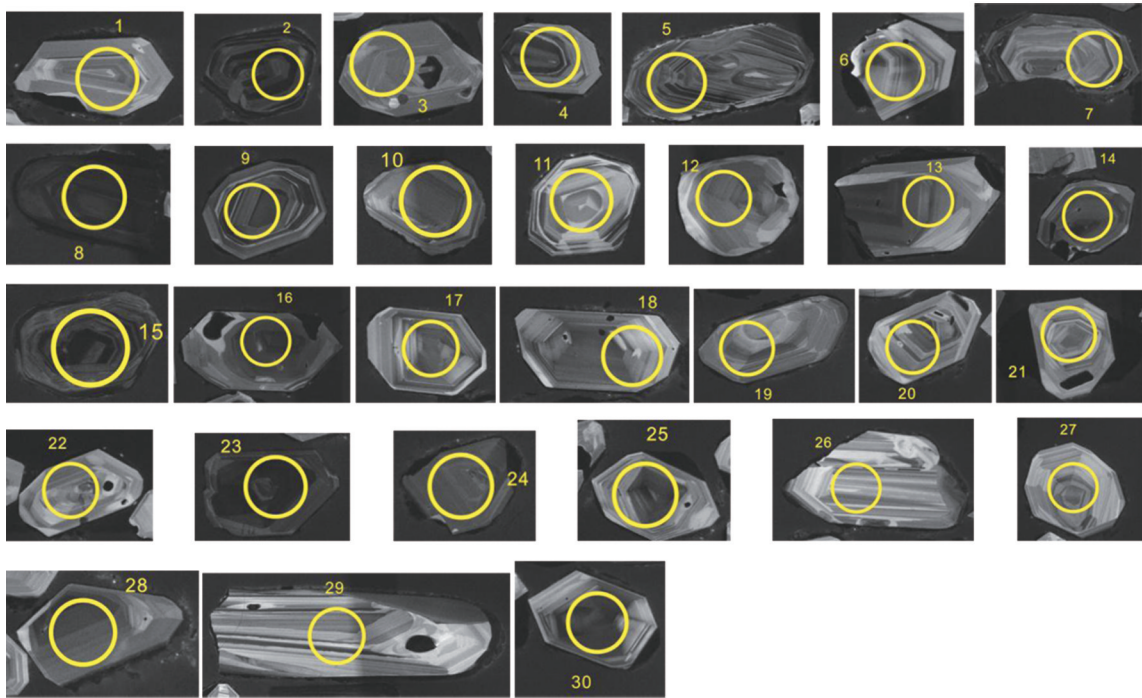


图 6 样品 YB-13b 锆石阴极发光图

Fig. 6 Zircon cathodoluminescence image of sample YB-13b

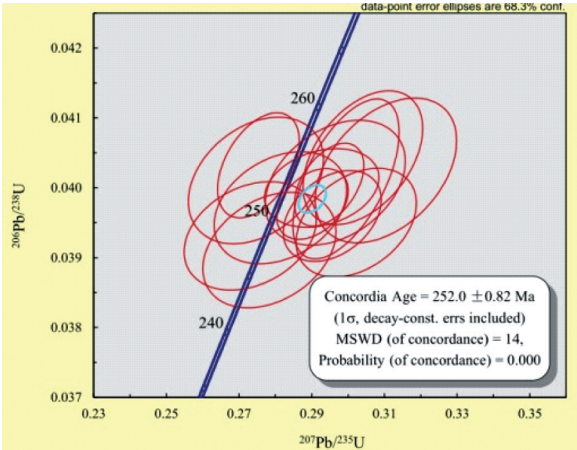


图 7 样品 YB-13b 锆石阴极发光图像分析

Fig. 7 Zircon U-Pb isotope maps of sample YB-13b

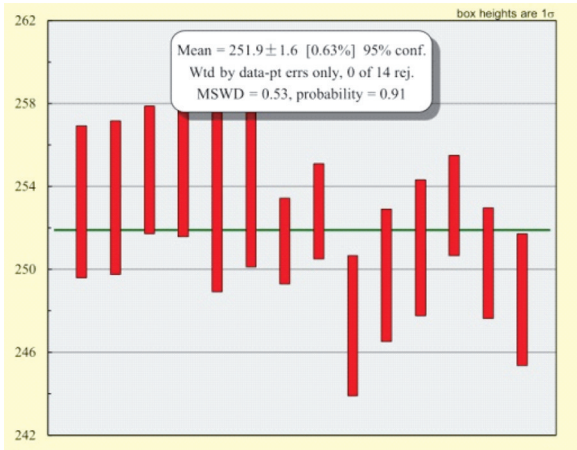


图 8 样品 YB-13b 锆石 U-Pb 同位素图谱

Fig. 8 Zircon U-Pb isotope maps of sample YB-13b

5 讨论

本次在稀土含矿岩系下含矿层底部凝灰质粘土岩(YB-2)中测得碎屑锆石年龄 $254.11\text{ Ma}\pm0.98\text{ Ma}$,与许连忠等用迭代法恢复宣威组硅质页

岩的 Rb-Sr 同位素古混合线年龄 ($255\pm12\text{ Ma}$) (许连忠等,2006),以及 He 等人通过碎屑锆石测得宣威底部形成年龄 ($257\pm4\text{ Ma}$; $260\pm5\text{ Ma}$) (He et al., 2007) 接近;YB-2 凝灰质粘土岩(下含矿层, $\Sigma\text{REE}>4\text{ 000 ppm}$)与下伏玄武质沉火山角砾岩为假整合接触,剖面第 3 层(YB-2 之上)岩性

为含杏仁体拉斑玄武岩(厚 50 cm),4-6 层为凝灰质粘土岩/凝灰岩/沉凝灰岩,而 7 层为褐铁矿化角砾状粘土岩或铁质角砾岩,且 6d/7a 层间为假整合接触,故 6/7 层为峨眉山玄武岩与宣威组界线,8-13a 层为浅灰色碎屑状粘土岩或铝土质粘土岩(上矿层, $\Sigma \text{REE} > 1\ 500\ \text{ppm} \sim 6\ 000\ \text{ppm}$)。

稀土含矿岩系顶部熔结凝灰岩(YB-13b)中测得锆石 U-Pb 年龄为 $252.0\ \text{Ma} \pm 0.82\ \text{Ma}$ (谐和年龄)和 $251.9\ \text{Ma} \pm 1.86\ \text{Ma}$ (平均年龄),其上伏为第 14 层含炭质凝灰岩、角砾状高岭石粘土岩,第 13 层与 14 层之间为假整合接触;剖面第 2 层—第 13 层中 3a/3b、6a/6b、7a/7b 之间均发育风化壳,且 1/2a、13b/14a 之间均为假整合接触(风化壳),而 15 层以上为连续沉积的粉砂-砂质粘土岩或泥质粉砂-砂岩,因此将 13b/14a 作为宣威组下段与上段的分界线。

6 结论

黔西北威宁县鱼坝剖面晚二叠世稀土含矿岩系产于峨眉山玄武岩第三段(下矿层)与宣威组下段(上矿层),底部凝灰质粘土岩锆石 U-Pb 平均年龄为 $254.11\ \text{Ma} \pm 0.98\ \text{Ma}$,顶部熔结凝灰岩锆石 U-Pb 年龄为 $252.0\ \text{Ma} \pm 0.82\ \text{Ma}$ (谐和年龄)和 $251.9\ \text{Ma} \pm 1.86\ \text{Ma}$ (平均年龄),整个稀土含矿岩系形成时间约为 2 Ma。

致谢:本文为贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目“黔西北晚二叠世稀土成矿作用与形成机理研究”(黔地矿科合 201509)成果。在成文及实验过程中得到贵州大学付勇教授、裴浩翔博士、中国地质大学(北京)韩雪同学的帮助,在此一并致谢。

[参考文献]

- 贵州地质局 108 地质队. 1973. 威宁幅区域地质调查报告—区域矿产普查部分[R]. 114-115.
- 贵州省地质调查院. 2017. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社.
- 侯可军,李延河,田有荣. 2009. LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术. 矿床地质[J]. 28(4):481-492.
- 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.
- 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. 贵州地质[J]. 15(4):345-350.
- 王登红,李建康,王成辉,屈文俊,付小方,傅德明. 2007. 与峨眉地幔柱有关年代学研究的新进展及其意义. 矿床地质[J]. 26(5):550-556.
- 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. 沉积学报[J]. 26(1):21-27.
- 王伟,杨瑞东,鲍森,魏怀瑞,王强. 2006. 贵州峨眉山玄武岩区风化壳与成矿关系. 贵州大学学报(自然科学版)[J]. 23(4):366-370.
- 王伟,杨瑞东,栾进华,黄波. 2011. 贵州西部玄武岩风化壳中稀土矿成矿机理及成矿模式. 四川地质学报[J]. 31(4):420-423.
- 许连忠,张正伟,张乾,朱笑青,祝朝辉,黄艳,黄海明. 2006. 威宁宣威组底部硅质页 Rb-Sr 古混合线年龄及其地质意义. 矿物学报[J]. 26(4):387-394.
- 杨瑞东,王伟,鲍森,王强,魏怀瑞. 2006. 贵州赫章二叠系玄武岩顶部稀土矿床地球化学特征. 矿床地质[J]. 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.
- 张震,戴朝辉. 2010. 贵州稀土矿及成矿地质特征. 矿产与地质[J]. 5:433-439.
- Boven, A., Pasteels, P., Punzalan, L. E., Liu, J., Luo, X., Zhang, W., Guo, Z., Hertogen, J., 2002. $40\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological constraints on the age and evolution of the Permo-Triassic Emeishan volcanic province, southwest China. Journal of Asian Earth Sciences[J]. 20(2), 157-175.
- Han, G. L., Liu, C. Q., 2006. Dissolved rare earth elements in rivers draining karst terrain in Guizhou Province, SW China. Goldschmidt Conference Abstracts[J]. A226.
- He, B., Xu, Y. G., Huang, X. L., Luo, Z. Y., Shi, Y. R., Yang, Q. J., Yu, S. Y., 2007. Age and duration of the Emeishan flood volcanism, SW China: Geochemistry and SHRIMP zircon U-Pb dating of silicic ignimbrites, post-volcanic Xuanwei Formation and clay tuff at the Chaotian section. Earth and Planetary Science Letters[J]. 255(3-4), 306-323.
- Huang, K. N., Opdykea, N. D., 1998. Magnetostratigraphic investigations on an Emeishan basalt section in western Guizhou province, China, Earth and Planetary Science Letters[J]. 163, 1-14.
- Ji, H. B., Wang, S. J., Ouyang, Z. Y., Zhang, S., Sun, C. X., Liu, X. M., Zhou, D. Q., 2004. Geochemistry of red residua underlying dolomites in karst terrains of Yunnan-Guizhou Plateau II. The mobility of rare earth elements during weathering. Chemical Geology[J]. 203, 29-50.
- Liu, Y. S., Gao, S., Hu, Z. C., Gao, C. G., Zong, K. Q. and Wang D. B., 2010. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons from mantle xenoliths. Journal of Petrology[J]. 51, 537-571.
- Lo, C. H., Chung, S. L., Lee, T. Y., Wu, G., 2002. Age of the Emeishan flood magmatism and relations to Permian-Triassic boundary events. Earth and Planetary Science Letters[J]. 198(3-4), 449-458.

- Wang, Q. , Yang, R. D. , Bao, M. , 2008. Rare earth elements stratigraphic significance in late Permian coal measure from Bijie City, Guizhou Province, China. *Journal of Rare Earth* [J]. 26, 760.
- Yang, R. D. , Wang, W. , Zhang, X. D. , Liu, L. , Wei, H. R. , Bao, M. , Wang, J. X. , 2008. A new type of rare earth elements in weathering crust of Permian basalt in western Guizhou, NW China. *ScienceDirect* [J]. 26, 753–758.
- Zhang, Z. W. , Yang, X. Y. , Li, S. , Zhang, Z. , S. , 2010. Geochemical characteristics of the Xuanwei Formation in West Guizhou; Significance of Sedimentary environment and mineralization. *Chin. J. Geochem* [J]. 29, 355–364.
- Zhou, L. J. , Zhang, Z. W. , Li, Y. J. , You, F. H. , Wu, C. Q. , Zheng, C. F. , 2013. Geological and geochemical characteristics in the paleo-weathering crust sedimentary type REE deposits, western Guizhou, China. *Journal of Asian Earth Sciences* [J]. 73, 184–198.
- Zhou, M. F. , Yah, D. P. , Kennedy, A. K. , Li, O. I. , Ding, J. , 2002. SHRIM zircon geochronological and geochemical evidence for Neo-Proterozoic arc-related magmatism along the western of the Yangtze Block, South China [J]. *Earth Planet Sci Lett* [J]. 196, 51–67.
- Zhu, B. Q. , Hu, Y. G. , Zhang, Z. W. , Chang, X. Y. , 2003. Discovery of the copper deposits with features of the Keweenaw type in the border area of Yunnan and Guizhou provinces. *Science in China Series D: Earth Sciences* [J]. 46, 60–72.

Zircon U–Pb Age of Yuba Rare Earth-bearing Rock Series in Weining, Guizhou

WANG Chang-wei^{1,2}, ZHANG Ke-xin¹, HE Wei-hong¹, YANG Zhong-qin²,
YANG Ting-lu¹, HU Cong-liang², ZHANG Yang³, DENG Yi², YU Zhi-song¹

(1. *Institute of Geological Survey, China University of Geosciences, 430074, Wuhan, Hubei, China*; 2. *Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China*;
3. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

[**Abstract**] In the northwest Guizhou, the rare earth deposit in late Permian is found near the disconformity surface of Emeishan basalt and upper Xuanwei formation, the rare earth deposit in Weining area is divided into upper and lower two layers, the lower layer is light gray white Kaolinite clay rock, the upper layer is light gray kaolinite clay rock and aluminous kaolinite clay rock, the thickness of the ore-bearing rock series has big change in this area. The ore-bearing rock series is complete and the thickness is big in the profile of Yuba, Weining. It taken samples in tuffaceous clay rock which in the bottom of ore-bearing rock series, the tested average zircon U–Pb age is 254.11 Ma±0.98 Ma, the zircon U–Pb age of welded tuff in the top ore-bearing rock series is 252.0 Ma±0.82 Ma (concordant age) 和 251.9 Ma±1.86 Ma (average age). it's proved that the lower layer of rare earth ore-bearing rock series of late Permian in northwest Guizhou occur in the upper 3rd section of Emeishan basalt, the upper layer occur in the lower Xuanwei formation, the formation age of the whole rare earth ore-bearing rock series is about 2 Ma,

[**Key Words**] Zircon U – Pb age; Rare earth deposit; Ore – bearing rock series; Yuba Weining; Northwest Guizhou