

罗甸玉矿区基性岩床内中性岩的锆石 U-Pb 定年及意义

黄勇^{1,2}, 陈能松¹, 戴传固², 韩颖平², 白龙², 邓小杰²

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550081)

[摘要]近几年笔者等在贵南的罗甸玉矿区发现了较多中酸性岩脉和岩囊。应用 LA-ICP-MS U-Pb 法测定其中的二长闪长岩的锆石年龄为 $255.2 \text{ Ma} \pm 3.1 \text{ Ma}$, 为晚二叠世吴家坪晚期。中酸性岩的年龄与罗甸辉绿岩及区域上峨眉山大火岩省岩浆岩省岩浆侵位年龄一致, 因而共同形成于拉张构造环境, 可能是基性岩浆结晶分异的产物。

[关键词]中酸性侵入岩; 锆石 U-Pb 定年; 罗甸玉矿; 贵州

[中图分类号] P642.26; O159 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2017)02-0090-07

据此前的文献记载, 贵州已有的中酸性侵入岩只有新元古代花岗岩及酸性脉岩, 分布于贵州北东部的梵净山地区和贵州南东部的从江地区, 尚未发现古生代及其以后的中酸性岩体。

贵州罗甸玉矿是 2011 年新发现于华南板块的重要矿床, 前人对罗甸玉的产出背景、宝玉石学特征及成因开展过不同程度的研究(支颖雪等, 2011; 黄勇等, 2012; 杨林等, 2012, 2013; 张立琴, 2013; 麻榆阳等, 2013; 董剑文等, 2014; 李凯旋等, 2014; 张亚东等, 2015), 矿体产于罗甸辉绿岩床与二叠系四大寨组灰岩接触带, 属接触交代型矿床。2014 年, 笔者在研究罗甸玉时于矿区发现了较多中性岩脉群和岩囊(黄勇等, 2015)^①, 后来在开展《罗甸玉开发利用关键技术研究产业化》项目工作时补充了各类测试样品, 定名为二长闪长岩, 这些中性岩的发现填补了贵州古生代以来缺乏中酸性侵入岩的空白。

虽然罗甸玉中性岩脉此前曾有过报道(郝家栩等, 2014), 但仅局限于地质学、岩相学和地球化学资料, 同位素年代学研究未见开展, 其时代被推测为燕山期或喜山期。本文首次报道贵州南部中性岩的同位素年代学数据, 为探讨其成岩构造背景和进一步研究罗甸玉的成矿作用提供新资料。

1 区域地质概况

罗甸玉矿区位于贵州南部, 属于扬子陆块西南缘的江南造山带之南盘江盆地区(图 1), 出露地层为泥盆系、石炭系、二叠系和三叠系, 为斜坡—盆地相沉积建造。岩浆岩较为单一, 主要是辉绿岩和少量新发现的中性岩, 中性岩呈脉状产出, 有单脉和群脉之分。中性岩脉群分布于罗甸玉矿区的西部(图 1a), 单脉见于罗甸。辉绿岩体出露于背斜构造翼部, 呈似层状大致沿二叠系四大寨组燧石条带灰岩的层间侵入, 厚度变化大, 局部发育气孔状构造和杏仁状构造, 因而被 1:20 万区调报告质疑为基性喷出岩。张旗等(1999)依据产状、气孔状构造及杏仁状构造判定为喷出岩; 吴浩若等(1993, 1997)称桂西分布的辉绿岩大都具有类似现象, 认为是与晚古生代深水沉积共生的玄武岩。笔者在野外调查发现, 罗甸辉绿岩床具有切层现象, 在岩床与围岩之间发育接触变质带(厚 1 m ~ 98 m), 罗甸软玉矿体即产于接触变质带内, 说明这些基性岩床的确属于侵入岩, 不是喷出岩。观察表明, 所有中性岩脉均产于二叠纪辉绿岩床中部。

[收稿日期] 2017-05-05

[基金项目] 贵州省科技厅重大科技专项“罗甸玉开发利用关键技术研究产业化”项目(编号: 黔科合重大专项字[2014]6003号)。

[作者简介] 黄勇(1962—), 男, 研究员, 在读博士研究生, 从事区域地质矿产调查与研究。

[通讯作者] 陈能松(1956—), 男, 教授, 博士生导师, 从事岩石学教学与研究。

^①贵州省地质调查院, 贵州盛世玉业股份有限公司. 2015. 罗甸玉成矿规律与找矿靶区研究报告.

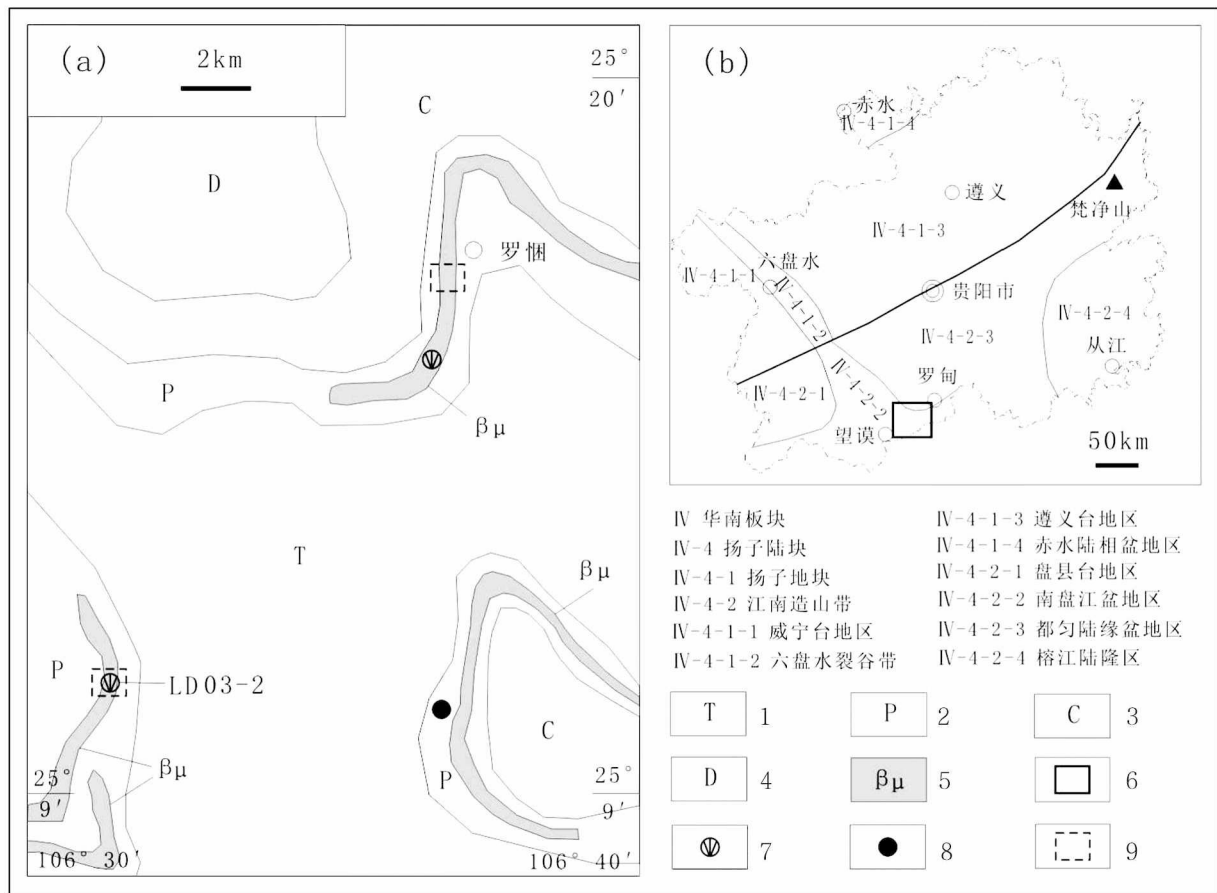


图1 罗甸玉矿区地质简图(a)及大地构造位置图(b)

Fig. 1 Simplified geological map (a) and tectonic location (b) of Luodian nephrite deposit

1—三叠系;2—二叠系;3—石炭系;4—泥盆系;5—辉绿岩;6—研究区;7—测年点;8—罗甸玉矿;9—岩脉位置

2 岩体及样品特征

测年样(LD03-2)采自 KPM07 剖面(图2),地理坐标:N25°12'35",E106°31'11"(图1)。二长闪长岩呈脉状分布于辉绿岩体中部,见4条岩脉,有两组产状,其中一组大致沿辉绿岩体走向产出,脉体较为平直,倾角较陡,另一组与辉绿岩体走向

斜交,脉体呈舒缓状波状起伏,弯曲呈弧形(图3a)。岩脉较薄,一般厚10cm~25cm,可视延伸长度2m~20m,色率浅,风化表面为灰白色,结晶细,岩脉外的基体岩石(辉绿闪长岩)呈球状风化,且风化较强,导致岩脉的接触关系不甚清楚。辉绿岩体上部和下部均为细粒辉绿岩,也具球状风化特征,与中部辉绿闪长岩之间呈渐变接触关系,边界模糊。

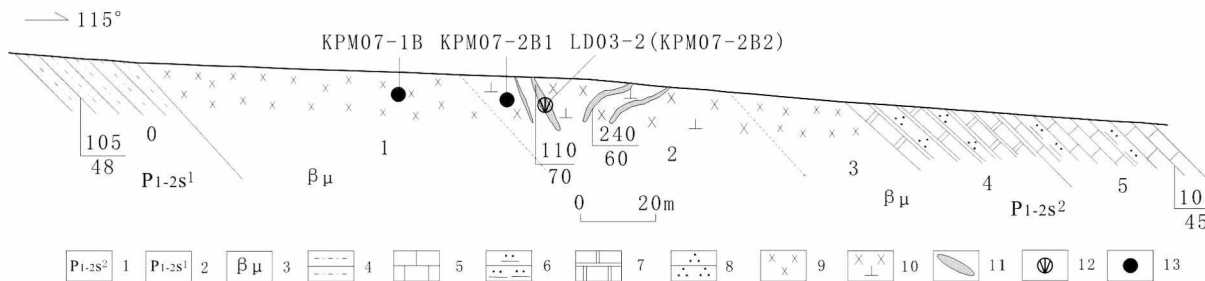


图2 罗甸 LD03-2 采样剖面

Fig. 2 LD03-2 sampling section in Luodian area

1—中下二叠统四大寨组第二段;2—中下二叠统四大寨组第一段;3—辉绿岩体;4—粉砂岩;5—泥晶灰岩;

6—硅质岩;7—大理岩;8—石英岩;9—细粒辉绿岩;10—辉绿闪长岩;11—二长闪长岩脉;12—同位素测年点;13—岩矿样采样点

二长闪长岩(KPM07-2B2 或 LD03-2):具半自形粒状结构(图 3b)、块状构造,主要矿物为斜长石(~66%)、碱性长石(~15%)、角闪石(~8%)、石英(~4%)、黑云母(~3%)、辉石(~2%)和副矿物(~2%)等。斜长石呈半自形长板至短板状晶体,结晶粒度 2.0 mm~0.2 mm,弱绿帘石化;碱性长石呈半自形短板状晶体,粒度 0.4 mm~0.2 mm,弱粘土化;角闪石呈半自形长柱状晶体,结晶粒度 2.0 mm~0.2 mm,弱绿泥石化;石英呈它形粒状,粒度 0.5 mm~0.02 mm,部分石英与碱性长石共结成文象结构;黑云母呈鳞片状晶体,粒度 0.2 mm~0.02 mm;辉石呈半自形短柱状晶体,粒度 2.0 mm~0.2 mm,绿帘石化和弱绿泥石化;副矿物有磁铁矿等,粒度 0.2 mm~0.02 mm,弱褐铁矿化。

辉长闪长岩(KPM07-2B1):似斑状结构、块状构造。斑晶为斜长石,约占样品总量的 20%,结晶粒度 17 mm~5 mm,半自形—自形长板状,微弱绿

泥石化。基质约占样品总量 80%,分布较为均匀,具辉长闪长结构,由斜长石(~50%)、辉石(~15%)、石英+碱性长石(~10%)和副矿物(~5%)构成。基质斜长石呈半自形—自形长—宽板柱状,其配置格架显示辉长或闪长结构,5 mm~0.2 mm,细—中粒级,弱帘石化;辉石呈半自形—自形短柱状,4 mm~0.2 mm,个别晶体弱绿泥石化;石英与碱性长石(可能是钠长石)呈文象交生体或结晶在板状斜长石边缘或基质斜长石格架中,粒度 1 mm~0.05 mm;副矿物有磁铁矿、微量黄铁矿等,2 mm~0.02 mm,具微弱褐铁矿化。

细粒辉绿岩(KPM07-1B):辉绿结构、块状构造。由斜长石(~70%)、辉石(~22%)和副矿物(~8%)构成。斜长石呈半自形—自形长条板柱状,2 mm~0.2 mm,弱帘石化;辉石呈半自形—自形短柱状,2 mm~0.2 mm,弱绿泥石化;副矿物为磁铁矿及少量钛铁矿,1.00 mm~0.02 mm,具弱褐铁矿化。

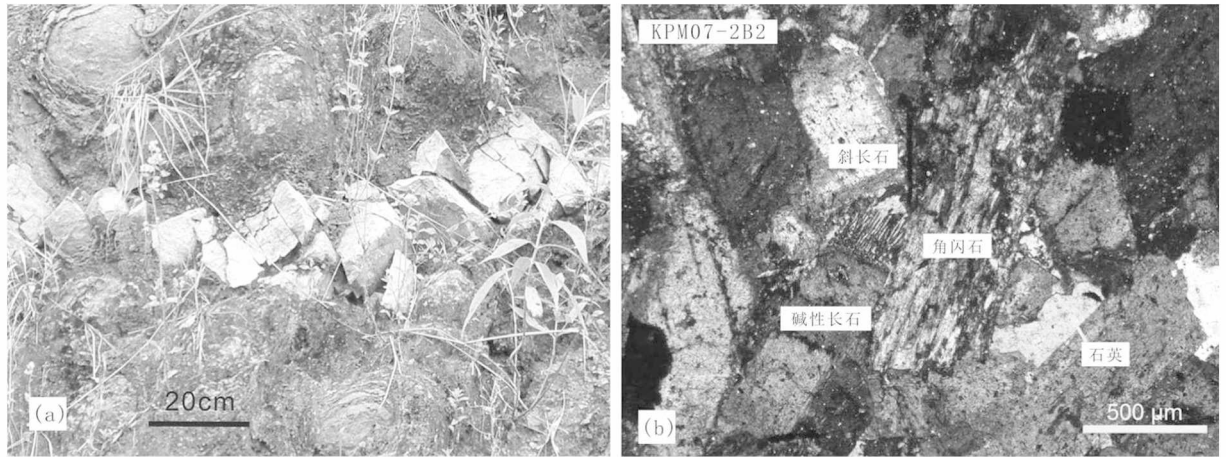


图 3 二长闪长岩的宏观(a)与微观(b)特征

Fig. 3 Outcrops (a) and micro photographs (b) of monzonitic diorite

a—岩脉(LD03-2点);b—半自形粒状结构(正交偏光)

3 分析方法

同位素测年锆石的挑选由廊坊市诚信地质服务有限公司完成。二长闪长岩样品(样品号 LD03-2)经破碎后采用常规重—磁选方法除去磁铁矿、磁黄铁矿等磁性矿物,然后在双目镜下挑选锆石,并按照操作流程制靶,样品靶的制作参考 SHRIMP 定年锆石样品靶的制作方法(宋彪等, 2002),将锆石样品、锆石标准及人工合成的 NIST 612 硅酸盐玻璃分别用胶粘在载玻片上,放上

PVC 环,将环氧树脂和固化剂混匀后注入 PVC 环中,待树脂固化后将样品从载玻片上剥离,随后磨蚀和抛光至光洁平滑。制备的样品靶送中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室完成阴极发光(CL)成像和 LA-ICP-MS 锆石测年以及稀土、微量元素分析。本次实验采用的激光束斑直径为 32 μm,剥蚀深度 20 μm~40 μm,激光脉冲 6 Hz。普通铅校正采用 Anderson (2002)的方法,年龄计算及谐和图的绘制采用国际标准程序 Isoplot ver3.0 (Ludwig, 2003)完成。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年方法和流程见文献

(Liu et al., 2008), 单个数据点的误差为 1σ , $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄的误差为 2σ 。

4 分析结果

锆石为碎片状,依稀可见较粗的结晶环带,为柱状自形晶,由于晶体不完整,无法统计晶体的长宽数据,但从保留的晶形部位观察,晶体长度应大于 $73\ \mu\text{m}$,宽度大于 $35\ \mu\text{m}$ 。锆石碎片长 $35\ \mu\text{m} \sim 73\ \mu\text{m}$,宽 $32\ \mu\text{m} \sim 38\ \mu\text{m}$;由于锆石富含 U、Th,CL 图像呈深黑色,一般 U、Th 含量越高,颜色越深(移根旺,2008),反之,颜色较浅,呈亮灰白色(李长民,2009;高少华等,2013),例如,LD03-2(C)-11 锆石的 U、Th 含量较低,CL 图像的颜色相对较浅;锆石发育较宽的结晶环带,说明锆石结晶于高温条件下。

17 个锆石 U-Pb 测试数据见表 1,单个数据点的误差为 1σ 。岩浆锆石富集 HREE,具 Ce 正异常、Pr 负异常及 Eu 负异常(Hoskin et al., 2000; Belousova et al., 2002; Yao et al., 2011),LD03-2 样品的锆石稀土元素组成(表 2)及配分模式(图 4)显示,样品富集 HREE,具 Ce 正异常、Pr 负异常及 Eu 负异常[仅 LD03-2(X)-10 无 Eu 负异常]

常],属于岩浆成因锆石。17 个分析数据中,有两个点的表面年龄谐和度在 $94\% \sim 97\%$,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄分别为 $887 \pm 8\ \text{Ma}$ 和 $737 \pm 8\ \text{Ma}$,代表捕获于围岩的继承性锆石年龄,该年龄与扬子陆块中的晋宁运动事件相对应。其它 15 个数据点呈现很大的不谐和,其中最小的 4 个年龄数据点落在接近谐和线的下方,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄在 $251 \pm 4\ \text{Ma} \sim 259 \pm 3\ \text{Ma}$ 之间,加权平均年龄为 $255.2 \pm 3.1\ \text{Ma}$,MSWD=1.11(图 5)。

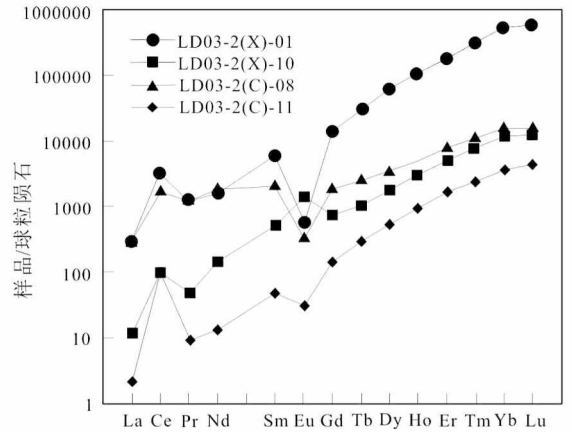


图 4 二长闪长岩锆石稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of zircons from morzonitic diorite

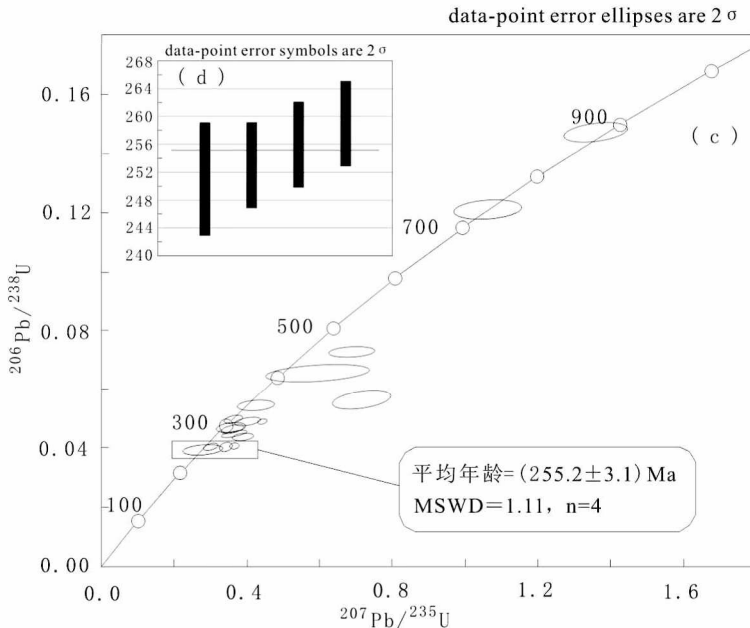


图 5 二长闪长岩锆石阴极发光 (CL) 图像 (a,b)、U-Pb 年龄谐和图 (c) 和加权平均年龄图 (d)

Fig. 5 Cathode luminescence (CL) image (a,b), U-Pb concordia diagram (c) and histograms (s) of zircon from morzonitic diorite

表1 罗甸二长闪岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素测定结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb isotopic data of monzonitic diorite from Luodian area

测点号	同位素含量($\times 10^{-6}$)										同位素比值										同位素年龄(Ma)				谐和度 %
	Pb		Th		U		Th / U		$^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$		1σ				
	Th	U	Th	U	Th	U	Th	U	1σ	$^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$	1σ	$^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$	1σ	1σ	1σ	1σ			
LD03-2(X)-01	4 163	5 829	5 829	69 313	0.08	0.050 3	0.004 2	0.276 0	0.022 6	0.039 8	0.000 7	0.000 7	0.000 7	210	191	247	18	251	4	84					
LD03-2(X)-02	3 401	4 660	4 660	44 699	0.10	0.052 3	0.001 6	0.359 2	0.010 3	0.049 9	0.000 5	0.000 5	0.000 5	297	71	312	8	314	3	95					
LD03-2(X)-03	3 600	593	593	22 791	0.03	0.091 3	0.003 9	0.713 9	0.033 6	0.056 5	0.001 2	0.001 2	1 453	58	547	20	354	7	410						
LD03-2(X)-04	599	978	978	3 785	0.26	0.055 9	0.002 5	0.423 0	0.020 1	0.054 8	0.000 7	0.000 7	448	83	358	14	344	4	130						
LD03-2(X)-05	1 303	2 944	2 944	3 461	0.85	0.065 3	0.006 5	0.592 9	0.058 1	0.065 9	0.001 1	0.001 1	784	217	473	37	411	7	191						
LD03-2(X)-06	485	813	813	3 046	0.27	0.058 4	0.002 5	0.363 1	0.015 1	0.045 1	0.000 5	0.000 5	546	97	315	11	284	3	192						
LD03-2(X)-07	703	1 294	1 294	7 336	0.18	0.063 6	0.002 4	0.386 7	0.014 4	0.044 1	0.000 4	0.000 4	730	83	332	11	278	2	263						
LD03-2(X)-08	463	734	734	4 007	0.18	0.060 8	0.002 6	0.412 9	0.017 9	0.049 0	0.000 5	0.000 5	631	77	351	13	309	3	204						
LD03-2(X)-09	573	429	429	9 891	0.04	0.054 8	0.001 6	0.350 8	0.009 5	0.046 4	0.000 5	0.000 5	404	66	305	7	292	3	138						
LD03-2(X)-10	105	126	126	1 767	0.07	0.058 9	0.002 9	0.325 4	0.015 7	0.040 0	0.000 5	0.000 5	565	111	286	12	253	3	223						
LD03-2(X)-11	240	193	193	2 641	0.07	0.054 5	0.002 7	0.355 6	0.017 1	0.047 3	0.000 6	0.000 6	391	115	309	13	298	4	131						
LD-03-2(C)-05	302	393	393	463	0.85	0.066 6	0.001 7	1.357 1	0.035 3	0.147 5	0.001 4	0.001 4	824	38	871	15	887	8	93						
LD-03-2(C)-06	99.9	155	155	178	0.87	0.063 3	0.002 2	1.060 8	0.037 8	0.1211	0.001 3	0.001 3	718	57	734	19	737	8	97						
LD-03-2(C)-07	65.8	225	225	426	0.53	0.058 6	0.002 3	0.396 4	0.015 3	0.049 2	0.000 6	0.000 6	552	64	339	11	309	3	179						
LD-03-2(C)-08	1 616	7 590	7 590	4 340	1.75	0.052 9	0.001 3	0.297 9	0.007 4	0.040 6	0.000 5	0.000 5	326	36	265	6	256	3	127						
LD-03-2(C)-09	142	347	347	429	0.81	0.0677	0.002 6	0.684 1	0.026 1	0.073 1	0.000 7	0.000 7	859	64	529	16	455	4	189						
LD-03-2(C)-11	131	536	536	520	1.03	0.060 4	0.002 3	0.344 7	0.013 3	0.041 1	0.000 4	0.000 4	618	65	301	10	259	3	239						

括弧中的 X 表示为细粒锆石, C 示粗粒锆石样。测试单位: 中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室

表2 罗甸玉矿二长闪岩锆石稀土元素组成

Table 2 REE composition of monzonitic diorite in luodian jade mine

分析点	w(B)/10 ⁻⁶													
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
LD03-2(X)-01	74.286	1 966.256	119.935	747.917	928.611	34.403	2 969.155	1 166.229	15 747.604	6 086.242	30 820.901	8 149.129	90 416.828	14 689.543
LD03-2(X)-10	2.790	59.406	4.692	68.049	80.421	80.241	152.244	39.157	462.709	176.845	838.772	200.886	2 049.930	330.302
LD03-2(C)-08	70.184	1104.540	122.396	891.960	328.481	21.025	403.267	95.555	918.067	291.769	1 308.332	283.036	2 682.152	398.116
LD03-2(C)-11	0.552	60.268	0.898	6.358	7.593	1.810	30.210	11.257	138.883	54.909	276.133	62.863	637.242	113.590

括弧中的 X 表示为细粒锆石, C 示粗粒锆石样。测试单位: 中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室

5 讨论与结论

对于显生宙以来的锆石定年,当 $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ 年龄、 $^{207}\text{Pb} / ^{235}\text{U}$ 年龄和 $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ 年龄等3个表面年龄不谐和时,一般采用 $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ 年龄来代表锆石的结晶年龄值。由表1可见,除3个点外,二长闪长岩锆石的17个测量值的谐和度($=^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$ 年龄 / $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ 年龄 100%)都大于 $100 \pm 10\%$,而这3个点的 $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ 年龄均老于300 Ma,明显老于辉绿岩床侵入的四大寨组二叠纪的年龄上限,因而应当是混入的围岩继承性碎屑锆石年龄。而由最小的4个 $^{206}\text{Pb} / ^{238}\text{U}$ 年龄的加权平均值 $255.2 \text{ Ma} \pm 3.1 \text{ Ma}$ 才有可能代表二长闪长岩锆石的结晶年龄,也就是岩石本身的结晶年龄。

由地质产状可知,本次测定的二长闪长岩严格产在辉绿岩床内,而辉绿岩床从边缘到核部其岩性从辉绿岩过渡到辉长岩、辉长闪长岩、闪长岩和二长闪长岩,表明本二长闪长岩是一个结晶分异过程较晚阶段的产物。本次测定的二长闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 $255.2 \text{ Ma} \pm 3.1 \text{ Ma}$,与前人测得的罗悃辉绿岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄 $255 \text{ Ma} \pm 0.62 \text{ Ma}$ (韩伟等,2009) 在误差内一致,也一致于桂北巴马辉绿岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄 $255.3 \text{ Ma} \pm 3.9 \text{ Ma}$ 及 $257.6 \text{ Ma} \pm 2.9 \text{ Ma}$ (张晓静等,2014),更一致于峨眉大火成岩省(ELIP)的活动高潮期($257.3 \text{ Ma} \pm 2.0 \text{ Ma}$) (Li et al., 2016),支持该中性岩与辉绿岩的同期性。二长闪长岩(样品 LD03-2,与 KPM 07-2B2 相同)的 Th/U 值为 4.46,与峨眉山玄武岩 Th/U 平均值(4.4) (汪云亮等,1993) 十分接近,也说明本区二长闪长岩和辉绿岩与峨眉山玄武岩具有相同的岩浆源区。

前人曾推测贵州境内本期中性岩可能是燕山期或喜山期挤压背景下的构造-岩浆作用产物(郝家棚等,2014)。笔者系统的野外地质和岩相学工作以及锆石 U-Pb 年代学研究表明该中性岩是与峨眉山大火成岩省玄武质岩床结晶分异的产物,其构造背景自然而然与地幔柱活动背景下的大陆裂解相关联,而非挤压构造作用的产物。

致谢:本次研究得到贵州省地质调查院杨忠琴高级工程师的薄片鉴定协助,并得到中国地质大学(武汉)博士研究生王璐与何川在中国地质

大学(武汉)国家重点实验室帮助完成样品锆石 U-Pb 年龄测试工作,在此谨致谢意。

[参考文献]

- 董剑文,王以群,邱成君,汪嘉伟,黄月霞. 2014. 贵州和田玉的矿物学特征[J]. 华东理工大学学报(自然科学版), 40(6): 713-717.
- 高少华,赵红格,鱼磊,刘钊,王海然. 2013. 锆石 U-Pb 同位素定年的原理、方法及应用[J]. 江西科学, (03): 363-368+408.
- 韩伟,罗金海,樊俊雷,曹远志,张静艺. 2009. 贵州罗甸晚二叠世辉绿岩及其区域构造意义[J]. 地质论评, 55(6): 795-803.
- 郝家棚,张国祥,韩颖平,邓小杰,蒋艳霞,强希润. 2014. 贵州南部中性岩浆岩的发现及其意义[J]. 贵州地质, (01): 52-55.
- 黄勇,郝家棚,白龙,张国祥. 2012. 贵州省冗里软玉矿的发现及意义. 岩石矿物学杂志, 31(4): 612-620.
- 李长民. 2009. 锆石成因矿物学与锆石微区定年综述[J]. 地质调查与研究, 33(3): 161-174.
- 李凯旋,姜婷丽,邢乐才,周明忠,罗泰义. 2014. 贵州罗甸玉的矿物学及矿床学初步研究[J]. 矿物学报, 34(2): 223-233.
- 麻榆阳,毛荐,刘学良,董剑文,郭守国. 2013. 贵州软玉的岩石矿物学特征[J]. 华东理工大学学报(自然科学版), 39(4): 446-449.
- 宋彪,张玉海,万渝生,简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 48(Supp.): 26-30.
- 汪云亮,李巨初,韩文喜,王旺章. 1993. 幔源岩浆岩源区成分判别原理及峨眉山玄武岩地幔源区性质. 地质学报, 67(1): 52-62.
- 吴浩若,邝国敦,王忠诚. 1993. 桂西晚古生代基性岩的再认识及其大地构造意义[J]. 地质科学, (03): 288-289+308.
- 吴浩若,邝国敦,王忠诚. 1997. 广西晚古生代构造沉积背景的初步研究[J]. 地质科学, 32(1): 11-18.
- 杨林,林金辉,王雷,谭靖,王兵. 2012. 贵州罗甸玉岩石化学特征及成因意义[J]. 矿物岩石, 32(2): 12-19.
- 杨林,林金辉,王雷,王兵,杜莹. 2013. 贵州罗甸玉红外光谱特征及意义[J]. 光谱学与光谱分析, 33(8): 2087-2091.
- 移根旺. 2008. 锆石成因矿物学研究[J]. 中国水运, 8(6): 259-260.
- 张立琴. 2013. 贵州罗甸透闪石玉的成分、结构及谱学特征研究[D]. 硕士学位论文. 北京:中国地质大学, 1-69.
- 张旗,钱青,王焰,徐平,韩松,贾秀琴. 1999. 扬子地块西南缘晚古生代基性岩浆岩的性质与古特提斯洋的演化[J]. 岩石学报, (04): 576-583.
- 张晓静,肖加飞. 2014. 桂西北玉凤、巴马晚二叠世辉绿岩年代学、地球化学特征及成因研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 33(2): 163-176.
- 张亚东,杨瑞东,高军波,陈军,刘亚因,周忠容. 2015. 贵州罗甸软玉矿的元素地球化学特征研究[J]. 矿物学报, 35(1): 56-64.
- 支颖雪,廖冠琳,陈琼,李英哲,周征宇. 2011. 贵州罗甸软玉的宝石矿物学特征[J]. 宝石和宝石学杂志, 13(4): 7-13.
- Anderson T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb . Chemical Geology, 192: 59-79.
- Belousova E A, Griffin W L, O' Reilly S Y and Fisher N I. 2002. Ig-

neous zircon: Trace element composition as an indicator of source rock type. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143:602-622.

Hoskin P W O and Ireland T R. 2000. Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator. *Geology*, 7:627-630.

Li H B, Zhang Z C, Santosh M, Lu L, Han L, Liu W and Cheng Z G. 2016. Late Permian basalts in the northwestern margin of the Emeishan Large Igneous Province: Implications for the origin of the Songpan

-Ganzi terrane. *Lithos*, 256-257:75-87.

Ludwig K R. 2003. User's Manual for Isoplot 3. 0; A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Special publicationed Berkeley Geochronology Center. 1-71.

Liu Y S, Hu Z C and Gao S, 2008. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chemical Geology*, 257(1-2):34-43.

Zircon U-Pb Dating and Its significance of Intermediate Intrusive Rocks Within the Basic Sill in Luodian Nephrite Deposit, Guizhou province

HUANG Yong^{1,2}, CHEN Neng-song¹, DAI Chuan-gu², HAN Ying-ping²,
BAI Long², DENG Xiao-jie²

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;
2. Geological Surveying Academy of Guizhou Province, Guiyang 550081, Guizhou, China)

[Abstract] No Paleozoic intermediate-acid intrusive rocks have been reported in Guizhou province in the past years. Recent work of the authors indentified some intermediate-acid dykes or porkets in Luodian nephrite deposit, southern Guizhou. U-Pb dating on zircons from one of the monzonitic diorites yielded 255.2±3.1 Ma, indicating the dyke formed in late Wujiaping period of the Late Permian. This age is consistent with the emplacement ages of the Luodian diabase and Emeishan Large Igneous Province, and therefore, suggests that the intermediate-acid intrusive rocks jointly formed in an extensional tectonic environment. The Intermediate-acid intrusive rocks might produc via differentiation crystallization of the basic magma.

[Key words] Intermediate-acid intrusive rocks; LA-ICP-MS zircon U-Pb dating; Luodian nephrite deposit; Guizhou province

(上接第 81 页)

U, Li, Nb and V Element Enrichment of Coal Seams and Potential Resource Evaluation in Southwest Guizhou

YANG Rui-dong¹, CHENG Wei², GAO Jun-bo¹, CHEN Jun¹, TAO Zheng-peng¹,
WEI Huan-rui¹, SHEN Ming-lian¹, LI Shi-bin³

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025;
2. Miner College, Guizhou University, Guiyang 550025;
3. Guizhou Province Land and Resources Surveying, Guiyang 550004)

[Abstract] U, Li, Nb and V element enrichment of coal seam was fund by analysis element contents of main coal seam from Pu'an and Qinglong County, southwest Guizhou. The concentration of U, Li, Nb and V is to industrial grade in the coal ash. Therefore, we put forward to the coal has potential associated resource and utilization prospects in the region.

[Key words] Resource evaluation; Element enrichment; Coal seam; Southwest Guizhou