

# 藏南柯月铅锌矿床辉绿岩年代学及地球化学特征研究

周邦国, 张志, 李光明, 张林奎, 黄勇

(中国地质调查局成都地质调查中心,四川成都 610081)

**【摘要】** 柯月铅锌矿床是藏南特提斯喜马拉雅锑金多金属成矿带内重要的铅锌矿床之一,针对区内唯一发育的岩浆活动产物—辉绿岩进行年代学测定,以明确与成矿作用之间的关系。本次研究在详细的大比例尺地质填图基础上,对区内1个辉绿岩样品进行了年代学及3个样品地球化学特征研究。测试结果表明,区内辉绿岩锆石 U-Pb 年龄为  $138.1 \text{ Ma} \pm 4.5 \text{ Ma}$  (MSWD=2.10), 侵位于早白垩世。岩石地球化学特征体现出相对亏损 Sr, Ba, U 等大离子亲石元素,而相对富集 Nb, Th, Ti 等高场强元素特点, Th/Ta 比值显示出亏损地幔特征, Nb/Ta 比值及 Zr/Hf 比值均靠近原始地幔,表明柯月矿区辉绿岩岩浆源区为较纯的幔源,较少受到地壳混染。通过与区域早白垩世岩浆活动对比研究,认为柯月矿区辉绿岩与区内铅锌成矿作用并无成因联系,其仅仅属于 Comei-Bunbury 大火成岩省的一部分,是 Kerguelen 地幔柱岩浆活动早期产物,柯月铅锌矿床的形成可能与中新世淡色花岗岩岩浆活动相关。

**【关键词】** 辉绿岩;年代学;地球化学;柯月

中图分类号:P581 文献标识码:A

文章编号:1001-6872(2018)01-00 —

藏南特提斯喜马拉雅地区广泛出露一套白垩纪双峰式火成岩,酸性端元岩石组成主要为英安岩、流纹岩等,基性端元岩石组成主要可见辉绿岩、辉长岩、辉石岩、玄武岩等,形成时代<sup>[1]</sup>集中在 130 Ma~138 Ma 之间(峰值在 132 Ma 左右),分布范围主要集中在特提斯喜马拉雅东部浪卡子—错那—琼结等

地区。目前对于该套强烈的白垩纪岩浆作用成因仍然存在争论,一部分学者将该套以镁铁质岩石为主的岩浆作用归结于与新特提斯洋在晚侏罗世—早白垩世大规模扩张相关<sup>[2]</sup>,部分学者则将该套岩浆活动与地幔柱岩浆活动联系起来,认为特提斯喜马拉雅地区大规模的白垩纪火成岩为地幔柱岩浆活动

收稿日期:2017-10-13; 改回日期:2018-01-28

基金项目:国家自然科学基金(41702080);国家重点研发计划深地资源开采项目(No. 2016YFC0600308);中国地质调查局地质调查项目(No. DD20160015)

作者简介:周邦国,男,52岁,高级工程师,矿床学专业,研究方向:青藏高原地质矿产调查. E-mail:tancer@qq.com

的产物<sup>[3]</sup>。因为该套镁铁质岩石与澳大利亚 Bunbury 玄武岩年龄及地球化学特征均非常相似,因此提出了 Comei-Bunbury 大火成岩省,把这期岩浆活动与 Kerguelen 地幔柱活动联系起来,指示东冈瓦纳大陆的裂解背景<sup>[4]</sup>。对于白垩纪裂解背景岩浆活动而言,有学者将其与藏南铅锌锡多金属矿床的形成联系起来,认为这一背景的岩浆活动揭示了喷流沉积型铅锌多金属矿床的形成背景,因而厘定出早白垩世北喜马拉雅东段陆缘裂谷喷流沉积成矿作用事件<sup>[5]</sup>,但该成矿事件的厘定至今仍然受到很多学者的质疑。

柯月铅锌矿床位于特提斯喜马拉雅南部,是扎西康整装勘查区内继扎西康铅锌多金属矿床后又一新发现的大型铅锌多金属矿床。柯月矿床与扎西康矿床在赋矿形式、控矿因素等方面都极为相似,但矿床成因与成矿时代却一直存在争议。部分学者认为研究区内铅锌成矿作用与白垩纪被动大陆边缘裂谷环境相关,并以区内发育同时代的辉绿岩浆活动为证据<sup>[6]</sup>。但也有很多学者认为研究区内铅锌矿床的形成与新生代淡色花岗岩浆活动相关<sup>[7]</sup>。因此,理清区内辉绿岩浆活动时代与成因对于解剖铅锌矿床成因以及进一步认识白垩纪镁铁质岩石地球化学动力学背景而言均具有重要的科学研究意义。近年来,柯月铅锌矿床地质特征、成矿物质来源等方面均有了较为详细的研究<sup>[8]</sup>,本次工作主要针对矿区中大量发育的东西向—北东向白垩纪辉绿岩脉成因分析。因此,在详细的大比例尺地质填图的基础上,对柯月矿床中 1 个辉绿岩样品进行锆石 U-Pb 定年,并分析了 3 个样品的地球化学特征,探讨了其形成的地球动力学背景及其与研究区内铅锌成矿作用之间的关系,以期为区域镁铁质岩石的成因研究提供更多的素材。

## 1 区域地质特征

柯月铅锌矿床位于特提斯喜马拉雅锡多金属成矿带南部扎西康矿集区内(图 1),是该矿集区内重要的铅锌矿床之一。研究区地层主要出露有三叠系、侏罗系、第四系等地层单元,其中侏罗系地层为研究区主要地层,从老至新可见有日当组、陆热组、遮拉组、维美组、桑秀组,其中日当组及陆热组与矿集区内成矿关系最为密切,岩性主要为一套浅变质的海相沉积岩。区内岩浆活动十分强烈,形成时间主要集中在中生代,主要岩性为一套白垩纪双峰式火成岩,成岩年龄集中在 130 Ma 左右,此外可见较

多始新世以来的淡色花岗岩浆活动。

研究区内构造活动强烈,具有多期次性,特别是受新特提斯洋的扩张至消减闭合的俯冲过程、洋盆闭合后的陆陆碰撞过程以及晚期大规模的伸展拆离过程所引起的构造活动影响最为强烈<sup>[18]</sup>,呈现出构造样式与构造组合复杂多样的特征,多表现为一系列复式褶皱及南北向、近东西向以及北西向的脆—韧性和脆性断裂构造。

目前矿集区内已发现有扎西康、柯月、则当、夏龙岗、吉松、索月等铅锌多金属矿以及马扎拉、姐纳各普、姜仓、塔嘎等金锑矿。其中柯月铅锌矿床是矿集区内最为重要的铅锌矿床之一。

## 2 矿区地质

柯月矿区位于藏南特提斯喜马拉雅东段(图 1a),扎西康矿集区中北部(图 1b),区内出露地层主要为下侏罗统日当组( $J_1 r^1$ )及第四系(Q)。其中日当组为矿区主要分布地层,岩性主要可见含碳钙质板岩、钙质板岩,夹少量凝灰岩及石英砂岩。第四系主要在沟谷分布。

矿区内构造主要可见断裂构造,北东—南西向或北北东—南南西向,其中 F1 断裂构造为矿区主要的控矿、容矿构造,北北东向,倾角较陡,具张性走滑特征。目前矿区 I 号,II 号工业矿体均赋存于 F1 断裂构造中。

矿区岩浆岩分布较多,但岩性较为简单,主要为一系列近东西向或北东向的辉绿岩脉,侵入于日当组地层中。

目前矿区共发现有 I 号,II 号两个工业矿体,赋存于 F1 断裂构造中,主要呈似层状、透镜状及不规则状沿 F1 断裂构造分布。主要的金属矿物主要可见闪锌矿、方铅矿、辉锑矿、车轮矿、脆硫锑铅矿、黄铁矿等,主要的非金属矿物主要可见石英、方解石、绢云母、菱铁矿等。矿石结构主要可见交代结构、自形—半自形粒状结构,矿石构造主要可见块状构造、角砾状构造、浸染状构造、脉状构造。围岩蚀变主要可见硅化、铁锰碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化、绿泥石化、绢云母化等,其中硅化及铁锰碳酸盐化与成矿关系最为密切。

## 3 样品及分析方法

本次研究所用 1 件锆石定年样品采集于矿区南部最大的辉绿岩脉中,锆石样品编号为 KYB04。3

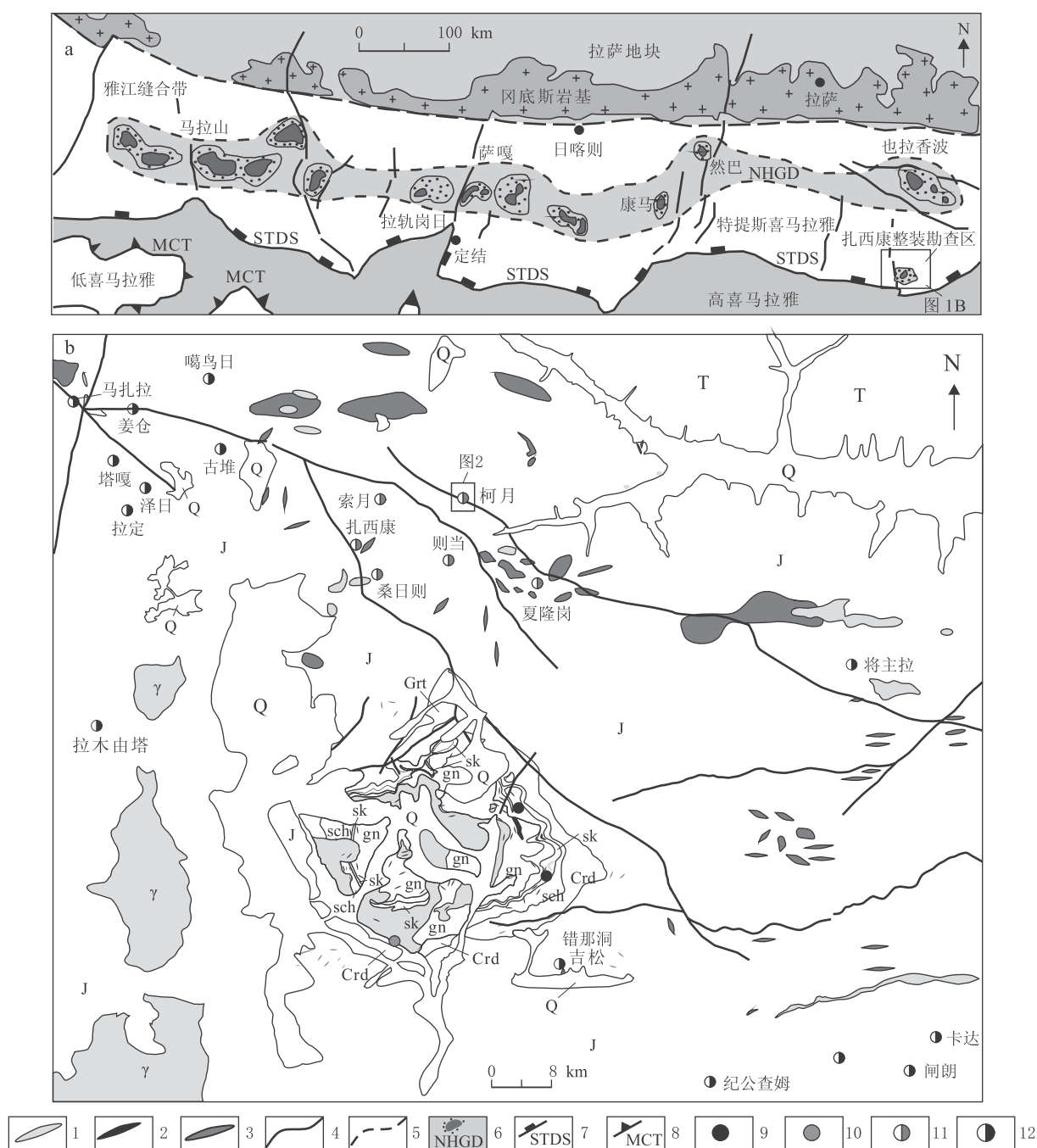


图 1 扎西康整装勘查区地质背景图(图 1b)(底图据张志等,2017<sup>[9]</sup>修改)

Q. 第四系; T. 三叠系砂岩、板岩; J. 侏罗系砂岩、板岩; Crd+Grt. 侏罗系含基岩、石榴石砂岩、板岩; gn. 花岗质片麻岩; sch. 石英片岩; sk. 砂卡岩/砂卡岩化大理岩; γ. 淡色花岗岩体; 1. 花岗岩脉; 2. (绿柱石)伟晶岩脉; 3. 辉绿岩脉; 4. 断裂; 5. 推断断裂; 6. 北喜马拉雅片麻岩穹隆带; 7 藏南拆离系; 8. 主中央逆冲断裂带; 9. 钨锡矿床(点); 10. 稀有金属矿床(点); 11. 铅锌矿床(点); 12. 锑金矿床(点)

Fig. 1 Regional geological map of the Zhaxikang integrated exploration area (modified after the reference Zhang Zhi *et al.*, 2017<sup>[9]</sup>)

件地球化学样品分别采集于矿区不同辉绿岩岩脉中(大脉及小脉中均有采集),样品编号为 KYB01, KYB02, KYB03。采样位置见图 2,所采集样品能够代表矿集区中大面积分布的辉绿岩。

辉绿岩呈灰黑色,辉绿结构,块状构造,主要由

斜长石、斜方辉石、单斜辉石以及少量角闪石及黑云母组成。样品总体较新鲜,可见少量绿泥石化及绢云母化。

锆石挑选由廊坊市辰昌岩矿检测技术服务有限公司完成,锆石 U-Pb 定年分析在中国地质大学北

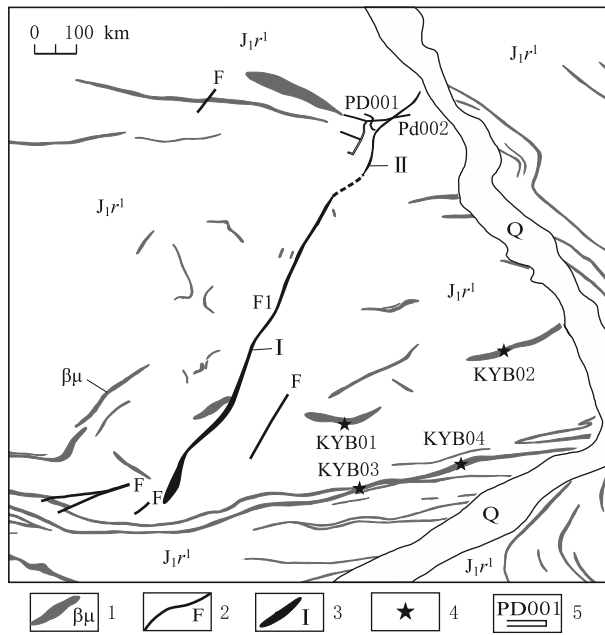


图 2 柯月铅锌矿床地质简图

Q. 第四系; J<sub>1</sub>r<sup>1</sup>. 早侏罗世日当组; 1. 辉绿岩; 2. 断裂; 3. 矿体及编号; 4. 采样位置及编号; 5. 平硐及编号

Fig. 2 Geological map of the Keyue Pb-Zn deposit

京地质过程与矿产资源国家重点实验室完成。锆石年龄计算及图件绘制主要是用 Isoplot 程序完成, 详细的实验过程见文献[10]。

主量元素和微量元素分析在核工业北京地质研究院分析测试中心完成, 主量元素利用 XRF 法测

定, 微量元素利用 ICP-MS(等离子质谱)法测定, 分析精度均优于 5%。

## 4 测试结果

### 4.1 锆石 U-Pb 年龄

辉绿岩内锆石多数呈灰色, 灰黑色, 长轴与短轴之比在 1.5:1~2:1 之间, 长轴多大于 50 μm, 颗粒大者长轴可达 200 μm, 多数呈浑圆粒状, 少部分呈板柱状或长柱状, 多数锆石颗粒可见震荡环带发育(图 3), 具岩浆成因锆石特征<sup>[11]</sup>。本次研究工作对辉绿岩样品中挑选出的锆石晶体共进行了 8 个点的测试, 锆石 U-Pb 同位素分析结果见表 1。辉绿岩锆石 <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 加权平均年龄为 138.1 Ma ± 4.5 Ma (MSWD=2.10)(图 3), 该年龄代表了辉绿岩的结晶年龄, 属于早白垩世侵位。

### 4.2 主量元素

柯月矿区辉绿岩主量元素分析结果见表 2。据分析结果可知, 辉绿岩 w(SiO<sub>2</sub>) 在 48.30%~49.23% 之间; w(K<sub>2</sub>O) 较低, 在 0.022%~0.025% 之间; w(Na<sub>2</sub>O) 在 3.03%~3.52% 之间, w(Na<sub>2</sub>O) 均远高于 w(K<sub>2</sub>O), 里特曼指数在 1.68~2.01 之间, 显示为钙碱性岩石系列。w(MgO) 在 5.3%~

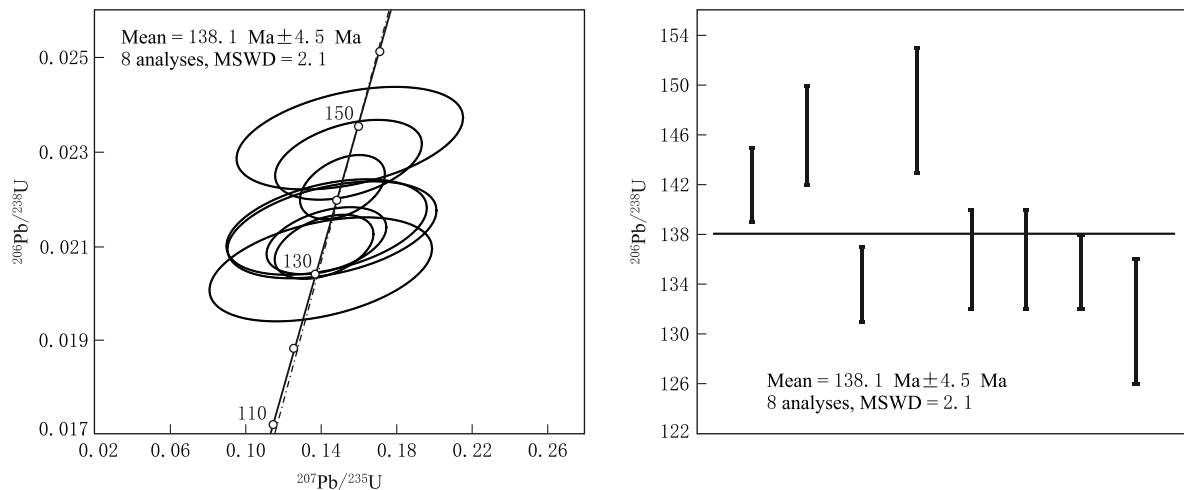
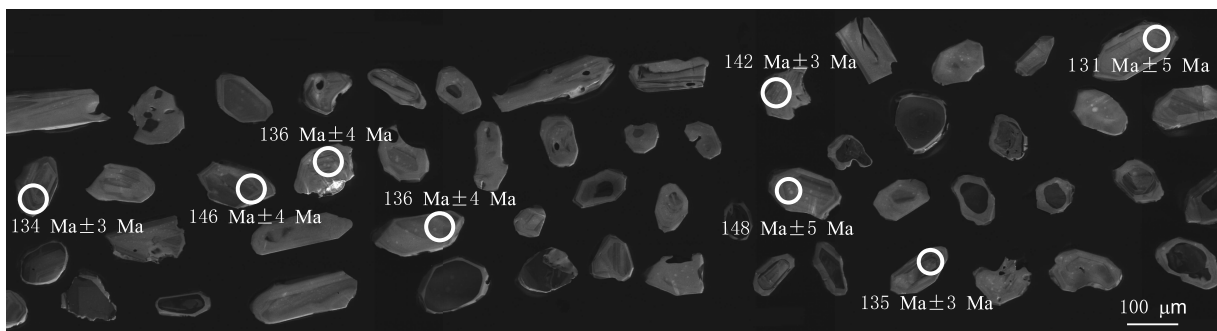


图 3 柯月矿床辉绿岩锆石 CL 图像及锆石年龄谐和图

Fig. 3 CL image of zircons from diabase and concordia diagram of U-Pb dating data of the diabase

表 1 柯月矿区辉绿岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年结果  
Table 1 Zircons U-Pb dating data of the diabase in Keyue deposit

测点号	同位素比值						表面年龄/Ma					
	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	1σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	1σ
KYB04-1	0.049 26	0.004 91	0.151 22	0.014 86	0.022 25	0.000 45	160	183	143	13	142	3
KYB04-2	0.049 03	0.008 22	0.154 44	0.025 68	0.022 83	0.000 56	149	290	146	23	146	4
KYB04-3	0.048 89	0.006 04	0.141 49	0.017 28	0.020 98	0.000 45	143	231	134	15	134	3
KYB04-4	0.048 29	0.012 42	0.155 13	0.039 63	0.023 29	0.000 72	114	396	146	35	148	5
KYB04-5	0.049 49	0.012 51	0.145 69	0.036 57	0.021 34	0.000 68	171	399	138	32	136	4
KYB04-6	0.048 39	0.011 97	0.142 85	0.035 06	0.021 4	0.000 67	118	381	136	31	136	4
KYB04-7	0.049 03	0.007 27	0.142 74	0.020 96	0.021 11	0.000 47	149	264	135	19	135	3
KYB04-8	0.049 44	0.013 88	0.139 74	0.038 94	0.020 5	0.000 73	169	434	133	35	131	5

5.6% 之间, w(CaO) 在 3.76% ~ 5.13% 之间, w(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 在 12.20% ~ 12.27% 之间。w(TiO<sub>2</sub>) 较高, 在 4.10% ~ 4.16% 之间, 平均值 4.13%, w(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 也较高, 在 0.477% ~ 0.487% 之间, 平均

值 0.48%。所有样品 w(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 较高, 在 13.21% ~ 13.62% 之间。柯月矿区辉绿岩在火山岩 TAS 分类图解上投在了玄武岩区域(图 4a), 在 Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> 分类图解上投在了碱性玄武岩区域(图 4b)。

表 2 柯月矿区辉绿岩主量元素 w(B)/% 分析结果

Table 2 Major element compositions (in percentage) of diabase from Keyue deposit

原样编号	岩性	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI
KYB01	辉绿岩	49.1	13.49	12.21	8.48	5.3	4.27	3.18	0.022	4.16	0.118	0.487	7.61
KYB02	辉绿岩	48.3	13.21	12.2	8.63	5.4	5.13	3.03	0.025	4.1	0.133	0.477	7.94
KYB03	辉绿岩	49.23	13.62	12.27	8.88	5.6	3.76	3.52	0.022	4.12	0.102	0.483	7.27

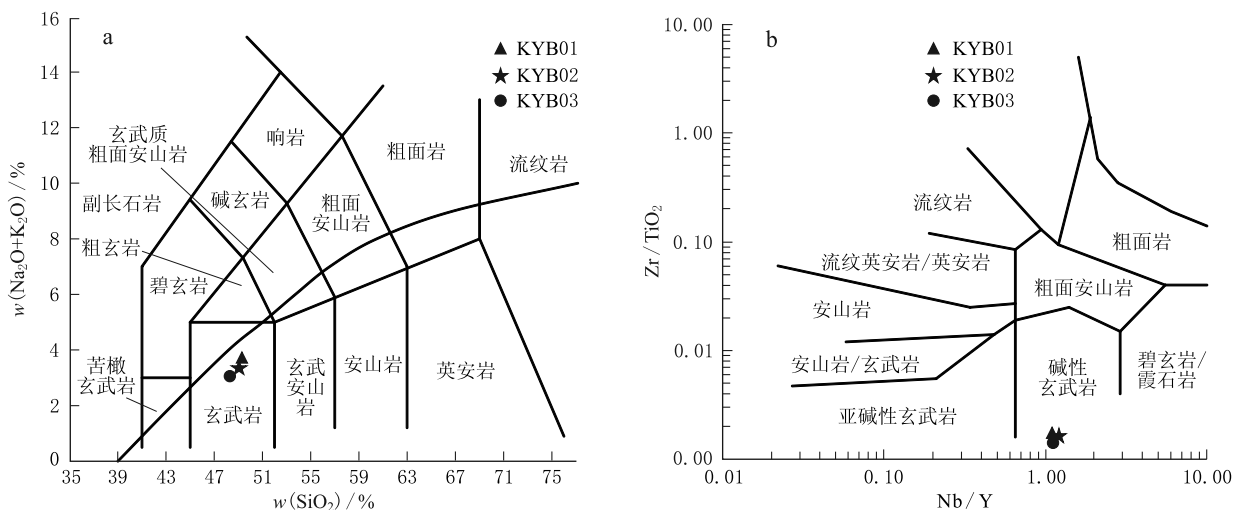


图 4 柯月矿区辉绿岩 TAS(a)及 Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub>(b) 分类图解  
Fig. 4 TAS (a) and Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> (b) diagram of diabase in Keyue deposit

### 4.3 微量元素与稀土元素

矿区辉绿岩微量元素及稀土元素分析结果见表 3, 从原始地幔标准化微量元素蛛网图上可以看出(图 5a), 矿区辉绿岩明显亏损 K, 且相对亏损 Ba, U, Sr 等大离子亲石元素, 而相对富集 Nb, Th, Ti 等高场强元素, 特别富集 Ti, 但 Zr, Hf 却呈现相对亏损特征。Th/Ta 比值较低, 在 0.60~0.64 之间, 远小于地壳比值(10 左右), 也小于原始地幔值(2.3), 显示出亏损地幔至原始地幔过渡特征; Nb/Ta 比值在 15.1~15.7 之间, 与原始地幔接近(原始

地幔值为 17.39)<sup>[12]</sup>; Zr/Hf 比值在 27.16~30.94 之间, 同样靠近原始地幔值(36.73), 而远大于地壳值(11)<sup>[13]</sup>。总体来说, 矿区辉绿岩微量元素特征显示出相对亏损大离子亲石元素, 而相对富集高场强元素的特征, 而微量元素的比值则表现出较纯的幔源特征。

区内辉绿岩稀土元素总量在 162.39 × 10<sup>-6</sup> ~ 175.93 × 10<sup>-6</sup> 之间(表 3), LREE/HREE 在 6.21 ~ 6.70 之间, (La/Yb)<sub>N</sub> 介于 9.50~10.39 之间, 指示轻、重稀土元素分馏明显。配分曲线显示出明显的

右倾特征(图 5b),表现为轻稀土富集,而重稀土相对亏损特征。 $\delta\text{Eu}$  在 0.82~0.73 之间,显示出弱负

异常特征,指示分离结晶作用不强。 $\delta\text{Ce}$  在 0.97~0.99 之间,无明显 Ce 异常。

表 3 柯月矿区辉绿岩微量及稀土元素,  $\omega(\text{B})/10^{-6}$  分析结果

Table 3 Trace element and rare earth element (in  $[\times 10^{-6}]$ ) compositions of diabase in Keyue deposit

样品编号	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Rb	Sr	Y	Sb	Cs	Ba	Th	U
KYB01	260	1.83	26.9	395	153	41.3	56.4	0.697	400	28.6	1.28	2.15	38	1.32	0.314
KYB02	255	1.78	26.6	386	153	40.1	54.4	0.942	428	27.5	1.24	2.11	35.4	1.23	0.302
KYB03	258	1.47	28.8	408	189	43.2	66.6	0.9	293	27.8	1.56	2.07	26	1.23	0.244
样品编号	Nb	Ta	Zr	Hf	Th/Ta	Nb/Ta	Zr/Hf	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb
KYB01	31.3	2.07	69.3	2.24	0.64	15.12	30.94	25.7	57.9	8.36	39.6	9.16	2.32	8.19	1.4
KYB02	30.6	2.01	57.9	1.9	0.61	15.22	30.47	24.9	57	8.07	38.6	9.01	2.28	8.14	1.38
KYB03	32.3	2.06	64.1	2.36	0.60	15.68	27.16	27.8	62.4	8.91	42.4	9.45	2.12	8.28	1.39
样品编号	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	$\Sigma\text{REE}$	LREE	HREE	LREE/HREE	$\text{La}_N/\text{Yb}_N$	$\delta\text{Eu}$	$\delta\text{Ce}$	
KYB01	6.88	1.14	2.67	0.362	1.94	0.233	28.6	165.86	143.04	22.82	6.27	9.50	0.82	0.97	
KYB02	6.91	1.11	2.55	0.349	1.86	0.226	27.5	162.39	139.86	22.53	6.21	9.60	0.81	0.99	
KYB03	6.86	1.13	2.67	0.366	1.92	0.235	27.8	175.93	153.08	22.85	6.70	10.39	0.73	0.97	

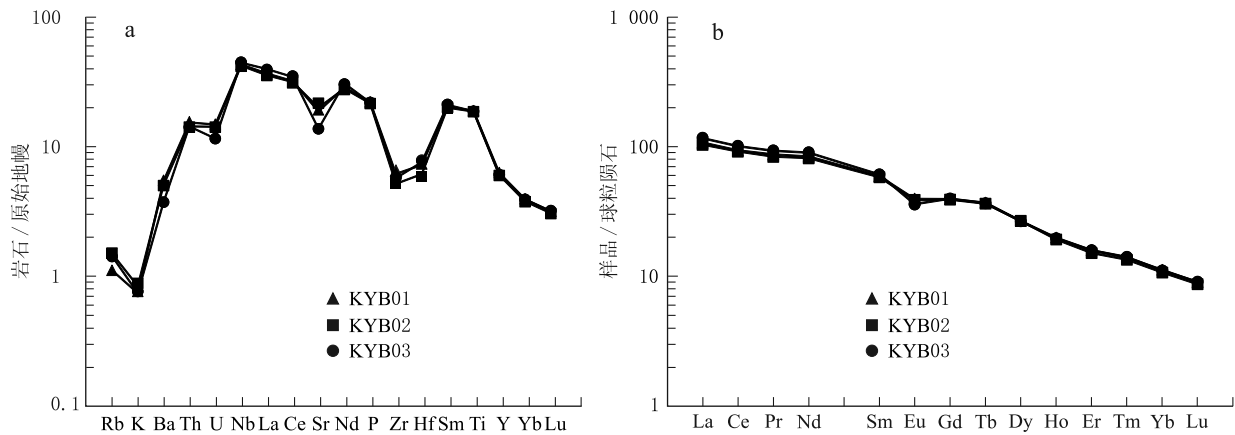


图 5 柯月矿区辉绿岩微量元素标准化蛛网图(a)及稀土元素球粒陨石标准化配分图(b)(底图据 Sun *et al.*, 1989<sup>[12]</sup>, McDonough *et al.*, 1992<sup>[14]</sup>)

Fig. 5 Spider diagram of primitive mantle normalized trace elements (a) and chondrite-normalized REE-patterns (b) for diabase in Keyue deposit(after reference Sun *et al.*, 1989<sup>[12]</sup>, McDonough *et al.*, 1992<sup>[14]</sup>)

## 5 讨 论

### 5.1 成岩年龄与岩石成因

通过本次针对柯月矿区辉绿岩的锆石 U-Pb 年龄的定年工作, 获得其成岩年龄为 138.1 Ma, 与区域上洛扎地区基性岩墙群的时代基本一致(138 Ma)<sup>[15]</sup>, 但稍早于浪卡子地区基性岩墙群(135 Ma 左右)<sup>[2]</sup>、哲古基性岩(131 Ma~135 Ma)<sup>[16]</sup>、扎西康辉绿岩(133 Ma)<sup>[17]</sup>、将主拉地区基性岩<sup>[18]</sup>, 以及措美大火成岩省(132 Ma 左右)<sup>[1]</sup>, 区域上总体显示出一套早白垩世的较为连续而集中的强烈岩浆活动, 而这套基性岩的地球化学特征均较为相似, 显示出可能来自同一岩浆事件以及相同或者相似源区的特征。

通过柯月矿区岩石地球化学特征可以看出, 主量元素方面, 辉绿岩明显具有富钠而贫钾的特征, 强

烈富集  $\text{TiO}_2$  及  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 微量元素方面, 表现出相对亏损大离子亲石元素, 而相对富集高场强元素特点, 微量元素比值方面, Th/Ta 比值显示出亏损地幔特征, Nb/Ta 比值及 Zr/Hf 比值均靠近原始地幔, 但相对于地壳比值而言均相去甚远, 表明柯月矿区辉绿岩熔融过程中基本没有或者较少的受到了地壳的混染, 而体现出较纯的幔源特征。而岩石表现出的强烈的亏损大离子亲石元素以及较低的 Th/Ta 比值, 显示出亏损地幔特征, 但 Nb/Ta 比值及 Zr/Hf 又接近于原始地幔, 因此柯月矿区辉绿岩可能形成于原始地幔向亏损地幔过渡源区。

### 5.2 辉绿岩地球动力学背景及其与铅锌多金属成矿作用关系探讨

前述工作已获得辉绿岩成岩年龄为 138.1 Ma, 属于早白垩世的一套连续集中爆发岩浆活动。在  $\omega(\text{Zr})-\omega(\text{TiO}_2)$  图解中(图 6a), 矿区辉绿岩均落入了板内玄武岩区域, 在 Cr-Y 图解中(图 6b), 矿区辉

绿岩样品则落入了板内玄武岩与洋中脊玄武岩叠合区域,总体体现出板内玄武岩特征。结合主微量及稀土元素特征不难发现,区内辉绿岩具板内洋岛玄武岩特征,而其成岩年龄又与澳大利亚 Kerguelen 地幔柱活动所形成的 Bunbury 玄武岩年龄较为接近,二者地球化学特征也较为相似,因此柯月地区辉绿

岩的形成可能与该地幔柱岩浆活动相关,从而属于 Comei-Bunbury 大火成岩省的一部分,但其成岩年龄又稍大于 Kerguelen 地幔柱岩浆活动高峰期(132 Ma 左右),因此本文认为柯月地区辉绿岩是 Kerguelen 地幔柱岩浆活动早期产物,与东冈瓦纳大陆的裂解相关<sup>[5~10]</sup>。

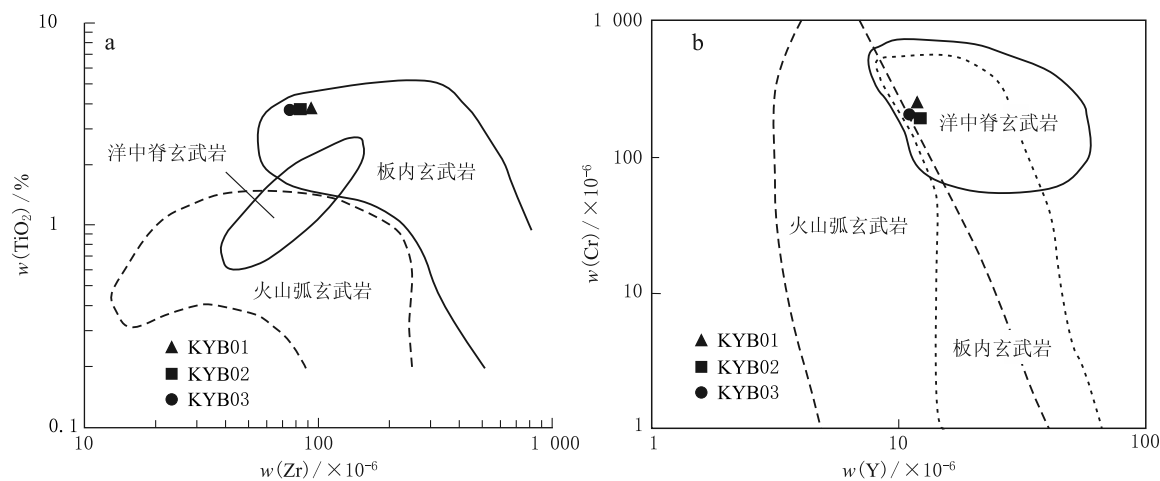


图 6 柯月矿区辉绿岩  $w(\text{Zr})-w(\text{TiO}_2)$ (a)及  $w(\text{Y})-w(\text{Cr})$ (b)构造环境判别图解

Fig. 6 Tectonic discrimination diagram of  $w(\text{Zr})-w(\text{TiO}_2)$  (a) and  $w(\text{Y})-w(\text{Cr})$  (b) for diabase in Keyue deposit

前人在研究中将柯月铅锌矿床紧邻的扎西康铅锌多金属矿床成矿作用厘定为与侏罗系地层同沉积的产物,形成于侏罗—白垩纪裂谷环境中的喷流沉积作用,而形成于该裂谷环境的辉绿岩便是重要的证据<sup>[5]</sup>。那么,柯月铅锌矿床也是如此么? 本文认为答案是否定的,理由有如下几点:1. 在构造背景上,喷流沉积型矿床的形成往往产于受裂谷控制的克拉通内或其边缘的沉降盆地或拉张的断裂拗陷带、地堑,多表现为陆内伸展作用形成的裂谷环境,而柯月辉绿岩形成于与地幔柱活动相关的裂解环境,与陆内伸展裂谷不同;2. 控矿因素方面,柯月铅锌矿床中赋矿断裂构造明显穿切地层,部分区域还能看到含矿断裂构造穿切辉绿岩脉现象,表明含矿构造的形成及铅锌矿的沉淀均是晚于地层以及辉绿岩脉的;3. 成矿时代方面,目前扎西康铅锌矿床报道了 17 Ma~18 Ma 的成矿年龄,表明矿床形成于中新世<sup>[7]</sup>,柯月铅锌矿床与扎西康铅锌矿床紧邻,控矿因素基本一致,因此二者很有可能是同一构造背景同一成矿事件的产物,因此柯月铅锌矿床也可能形成于中新世,与区域上广泛的中新世淡色花岗岩浆活动相关。

## 参考文献

- [1] 朱弟成,夏 瑛,裘碧波,等. 为什么要提出西藏东南部早白垩世措美大火成岩省[J]. 岩石学报, 2013, (11): 3 659-3 670.
- [2] Sihong Jiang, Fengjun N I E, Peng H U, et al. An Important Spreading Event of the Neo-Tethys Ocean during the Late Jurassic and Early Cretaceous: Evidence from Zircon U-Pb SHRIMP Dating on Diabase in Nagazê, Southern Tibet[J]. Acta Geologica Sinica-English Edition,

综上所述,认为柯月铅锌矿床中辉绿岩仅仅是 Kerguelen 地幔柱岩浆活动早期产物,与东冈瓦纳大陆的裂解相关,但与区内铅锌多金属成矿作用并无成因联系。

## 6 结 论

(1)柯月矿区辉绿岩锆石 U-Pb 年龄为 138.1 Ma $\pm$ 4.5 Ma(MSWD=2.10),形成于早白垩世。

(2)柯月矿区辉绿岩表现出相对亏损大离子亲石元素,而相对富集高场强元素特点, Th/Ta 比值显示出亏损地幔特征, Nb/Ta 比值及 Zr/Hf 比值均靠近原始地幔,但相对于地壳比值而言均相去甚远,表明柯月矿区辉绿岩熔融过程中基本没有或者较少的受到了地壳的混染,而体现出较纯的幔源特征。

(3)柯月矿区辉绿岩年龄与藏东南早白垩世双峰式火成岩年龄相当,属于该套岩浆活动的一部分,具有板内玄武岩的地球化学特征,属于 Comei-Bunbury 大火成岩省的一部分,可能是 Kerguelen 地幔柱岩浆活动早期产物,但与区内铅锌多金属成矿作用并无成因联系。

- 2006,80(4):522-527.
- [3] Zhu Dicheng, Pan Guitang, Mo Xuanxue, *et al.* Petrogenesis of volcanic rocks in the Sangxiu Formation, central segment of Tethyan Himalaya: A probable example of plume - lithosphere interaction[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2007, 29(2-3):320-335.
- [4] Zhu Dicheng, Mo Xuanxue, Pan Guitang, *et al.* Petrogenesis of the earliest Early Cretaceous mafic rocks from the Cona area of the eastern Tethyan Himalaya in south Tibet: Interaction between the incubating Kerguelen plume and the eastern Greater India lithosphere? [J]. *Lithos*, 2008, 100(1-4):147-173.
- [5] 郑有业, 孙 祥, 田立明, 等. 北喜马拉雅东段金锑多金属成矿作用、矿床类型与成矿时代[J]. *大地构造与成矿学*, 2014, (01):108-118.
- [6] 郑有业, 刘敏院, 孙 祥, 等. 西藏扎西康锑多金属矿床类型、发现过程及意义[J]. *地球科学(中国地质大学学报)*, 2012, (05):1 003-1 014.
- [7] Zhou Qing, Li Wenchang, Qing Chengshi, *et al.* Origin and tectonic implications of the Zhaxikang Pb - Zn - Sb - Ag deposit in northern Himalaya: evidence from structures, Re-Os-Pb-S isotopes, and fluid inclusions[J]. *Mineralium Deposita*, 2017, 52(6):1-16.
- [8] 林 彬, 唐菊兴, 郑文宝, 等. 西藏柯月锌多金属矿床地质特征及成矿时代初步研究[J]. *矿床地质*, 2016, (01):33-50.
- [9] 张 志, 张林奎, 李光明, 等. 北喜马拉雅错那洞穹隆-片麻岩穹隆新成员与穹隆控矿新命题 [J]. *地球学报*, 2017, 38(5):754-766.
- [10] Gao Shan, Liu Xiaoming, Yuan Honglin, *et al.* Analysis of forty-two major and trace elements of USGS and NIST SRM Glasses by LA-ICPMS[J]. *Geostand News*, 2002, 22:181-195.
- [11] 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. *科学通报*, 2004, 49(16):1 589-1 602.
- [12] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes[J]. *Geological Society, London, Special Publications*, 1989, 42:313-345.
- [13] Weaver B L. The origin of ocean island basalt end-member compositions: trace element and isotopic constraints[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1991, 104:381-397.
- [14] McDonough W F, Sun S S, Ringwood A E J, *et al.* K, Rb, and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle[J]. *Geochemical et Cosmochimica Acta*, 1992, 56(3):1 001-1 012.
- [15] 童劲松, 刘 俊, 钟华明, 等. 藏南洛扎地区基性岩墙群锆石 U-Pb 定年、地球化学特征及构造意义[J]. *地质通报*, 2007, (12):1 654-1 664.
- [16] 任 冲, 马飞宙, 朱振华, 等. 藏南哲古基性岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. *中国地质*, 2015, 42(4):881-890.
- [17] 杨 超, 唐菊兴, 郑文宝, 等. 藏南扎西康锑多金属矿床辉绿岩锆石 U-Pb 年代学、岩石地球化学特征研究[J]. *有色金属(矿山部分)*, 2014, (05):30-37.
- [18] Liu Zheng, Zhou Qing, Lai Yang, *et al.* Petrogenesis of the Early Cretaceous Laguila bimodal intrusive rocks from the Tethyan Himalaya: Implications for the break-up of Eastern Gondwana[J]. *Lithos*, 2015, 236-237:190-202.

## STUDY OF ZIRCON U-Pb CHRONOLOGY AND GEOCHEMISTRY OF DIABASE IN THE KEYUE Pb-Zn DEPOSIT, SOUTHERN TIBET

ZHOU Bangguo, ZHANG Zhi, LI Guangming, ZHANG Linkui, HUANG Yong

(*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Geological Survey,*  
*Chengdu 610081, China*)

**Abstract:** The relationship between diabase and mineralization in the Keyue Pb-Zn deposit along the Tethyan Himalaya Sb-Au polymetallic metallogenic belt, southern Tibet, is not clear due to previous poor investigation and study. Detailed large scale geological mapping in the field has made it available for the study of geochronology (one sample) and petrogeochemistry (three samples) of diabase in Keyue deposit. Zircon U-Pb dating of the diabase yields a  $138.1 \text{ Ma} \pm 4.5 \text{ Ma}$  age ( $\text{MSWD} = 2.10$ ), indicating that the diabase was formed in Early Cretaceous. Geochemical characteristics reveal that the diabase lacks LILE, e. g. Sr, Ba, U and others, but enriches in Th, Nb, Ti and other HFSE, indicating that the diabase is originated from relatively pure mantle source and less contaminated by crust. Through comparative study on regional magmatism in early Cretaceous, it is considered that there is no genetic relation between diabase and lead-zinc mineralization, and the diabase in the Keyue deposit belongs to part of the Comei-Bunbury large igneous province, which was the early product of the Kerguelen mantle plume magmatism, while the formation of the Keyue lead-zinc deposit is related to the Miocene magma activities.

**Keywords:** diabase; chronology; geochemistry; Keyue

ISSN 1001-6872(2018)01-00 - ; CODEN: KUYAE2

**Synopsis of the first author:** Zhou Bangguo, male, 52 years old, a senior engineer of ore deposit. Now, he is engaged in the research of geological survey and mineral resources in the Qinghai-Tibet Plateau.