

## 川西里伍岩群中石榴子石矿物化学特征 及其对变质温度的限定

黄驰轩<sup>1,2</sup>, 谭洪旗<sup>3</sup>, 杨玉龙<sup>1</sup>, 王强<sup>1</sup>, 胡军亮<sup>1,2</sup>, 唐尧<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 中国地质调查局稀土资源应用技术创新中心, 四川 成都 610041; 3. 四川省地质矿产(集团)有限公司, 四川 成都 610016)

**摘要:** 这是一篇地球科学领域的论文。为揭示江浪穹隆核部里伍岩群中石榴子石的矿物化学特征及其变质温度, 本文选择了发育在不同位置的石榴子石矿物开展了主量、微量和稀土元素分析测试。结果表明, 江浪穹隆片岩中的石榴子石端元组成主要为铁铝榴石(Alm), 利用 ICP-MS (平均含量 85.82%) 和 LA-ICP-MS (平均含量 83.51%) 获得的铁铝榴石(Alm) 含量在误差范围内基本一致; 稀土元素(REE) 总量较高, 分配模式呈现明显的轻稀土亏损(LREE)、重稀土(HREE) 富集的左倾分配模式, Eu 异常不明显, 负 Ce 异常显著; 相对富集高场强元素(如 U、Ta、Hf), 亏损大离子亲石元素(如 K、Sr、Ba)。另外, 江浪穹隆片岩中利用石榴子石矿物获得的变质温度为 512~583 °C, 形成的变质压力较低, 且变质温度与至新火山花岗岩的距离呈负相关关系。综上, 江浪穹隆经历了高绿片岩相的巴罗式变质作用。

**关键词:** 地球科学; 石榴子石; 矿物化学; 里伍岩群; 江浪穹隆

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.01.003

中图分类号: TD15 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 01-0015-12

**引用格式:** 黄驰轩, 谭洪旗, 杨玉龙, 等. 川西里伍岩群中石榴子石矿物化学特征及其对变质温度的限定[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(1): 15-26.

HUANG Chixuan, TAN Hongqi, YANG Yulong, et al. Mineral chemical characteristics and constraint on metamorphic temperature of garnet from the Liwu Group, Western Sichuan, China[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(1): 15-26.

石榴子石常见于花岗岩、伟晶岩、变质岩和一些交代岩中。石榴子石的化学通式为  $A_3B_2[SiO_4]_3$ , 其中 A 代表的是占据八面体配位的二价阳离子(如  $Mg^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Mn^{2+}$  和  $Ca^{2+}$ ), 而 B 通常是占据八面体配位的三价阳离子(如  $Fe^{3+}$ 、 $Al^{3+}$ 、 $Ti^{3+}$ 、 $Cr^{3+}$ 、 $V^{3+}$  等)。石榴子石主要可分为两大系列, 其中 B 为  $Al^{3+}$  的铝榴石系列(铁铝榴石(Alm)、锰铝榴石(Spe)、镁铝榴石(Pyr)), 而 A 为  $Ca^{2+}$  的钙铁榴石系列(钙铁榴石(Gro)、钙铁榴石(And)、钙铬榴石

(Uva))<sup>[1-2]</sup>。石榴子石作为变质岩的典型特征矿物之一, 其矿物化学特征能有效地反演其形成的温压条件和演化过程, 广泛应用于研究变质作用、成矿物质来源和矿床成因等<sup>[3]</sup>。

江浪穹隆地处扬子西缘与松潘-甘孜地块的结合部位, 其核部的里伍岩群孕育了里伍、黑牛洞、中咀、挖金沟等大-中型铜锌矿床, 是重要的含矿和赋矿地层。里伍岩群以云母片岩、云母石英片岩、片状石英岩夹斜角闪岩、阳起片岩及阳起石岩等岩性为主, 原岩恢复为以砂泥质沉积

收稿日期: 2023-04-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41603034); 中国地质调查局项目(DD20221697)

作者简介: 黄驰轩(1999-), 男, 在读硕士研究生, 研究方向为矿床地球化学。

通信作者: 谭洪旗(1984-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事基础地质调查工作。

岩为主，夹少量基性凝灰岩或基性火山岩（脉岩）、中酸性火山岩、凝灰质砂泥岩<sup>[4-5]</sup>。里伍岩群中石榴子石矿物较为发育，但该地区石榴子石的矿物化学特征等方面的研究较为薄弱，本文利用 ICP-MS 分析测试石榴子石单矿物和 LA-ICP-MS 微区原位分析石榴子石从核部到边部的主、微量元素和稀土（REE）元素分布特征，为讨论该地区石榴子石的矿物化学特征、成因和形成条件提供依据。

### 1 区域地质背景

松潘-甘孜地块位于青藏高原东北缘，西缘以金沙江缝合带为界和青藏高原羌塘板块相连，东南部以龙门山-锦屏山逆冲构造带为界与扬子板块连接，北侧以阿尼玛卿-勉略缝合线为界与昆仑-秦岭造山带毗邻，是特提斯-喜马拉雅造山系中重要的组成部分之一<sup>[4-7]</sup>。

松潘-甘孜地块南缘发育了以长枪、江浪、踏卡组成的穹隆群。该穹隆群位于木里弧形构造的内侧，因江浪穹隆发育里伍式铜矿，是区内目前

研究程度最高的穹隆。江浪穹隆长约 25 km，宽约 20 km，总体呈椭圆形几何构造（图 1）；其中，核部主要由里伍岩群和花岗岩体组成，广泛发育顺层滑脱带、韧性剪切构造、走滑构造等。里伍岩群的时代归属长期存在争议，有中元古代地层<sup>[8-11]</sup>，新元古代<sup>[12-13]</sup>和奥陶系之争<sup>[14]</sup>，本文认为其归属奥陶系。花岗岩主要以二长花岗岩和正长花岗岩为主，局部发育似斑状花岗岩，成岩年龄为 165~158 Ma<sup>[5-14]</sup>。研究发现，江浪穹隆变质作用早期以区域变质作用（低绿片岩相）为主，后期发育巴罗式变质作用（高绿片岩相-低角闪岩相）。研究区以发育“里伍铜锌矿田”而备受关注，包括里伍、黑牛洞、挖金沟、中咀、笋叶林等铜锌矿床；除此之外，还发育有锂铍、铅锌和钨钼矿床，年龄限制在 166~150 Ma、200~180 Ma<sup>[5,15-18]</sup>。

### 2 样品特征与分析方法

#### 2.1 样品特征

本文用于 ICP-MS 分析测试的样品有 5 件，分

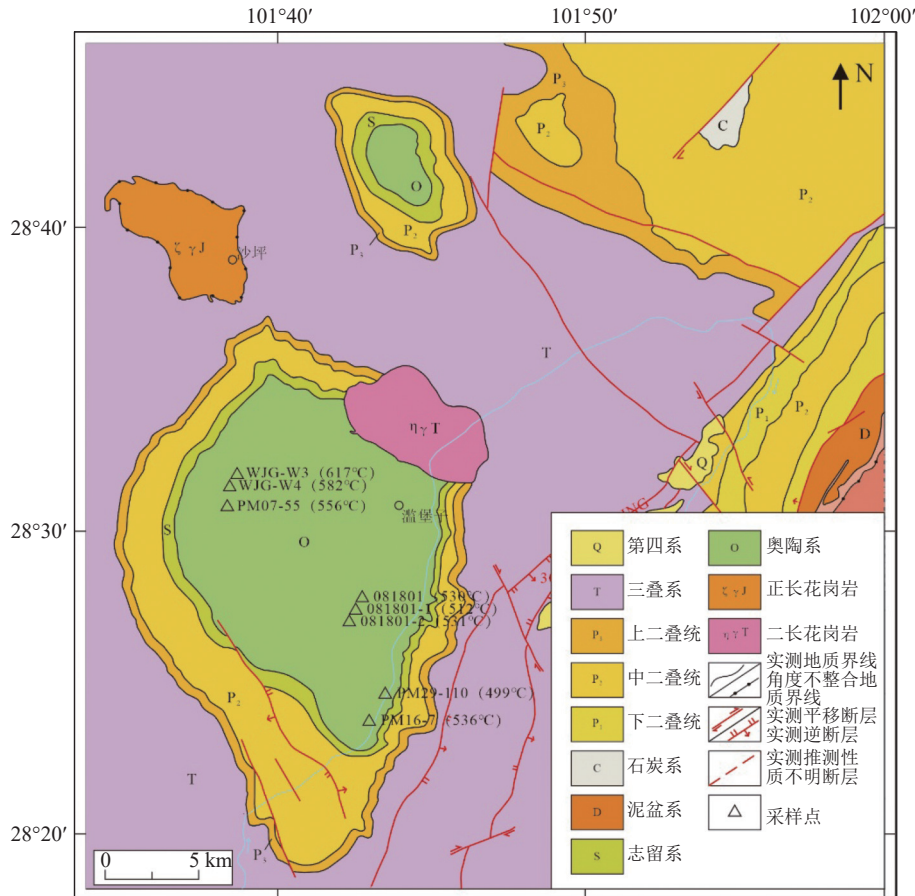
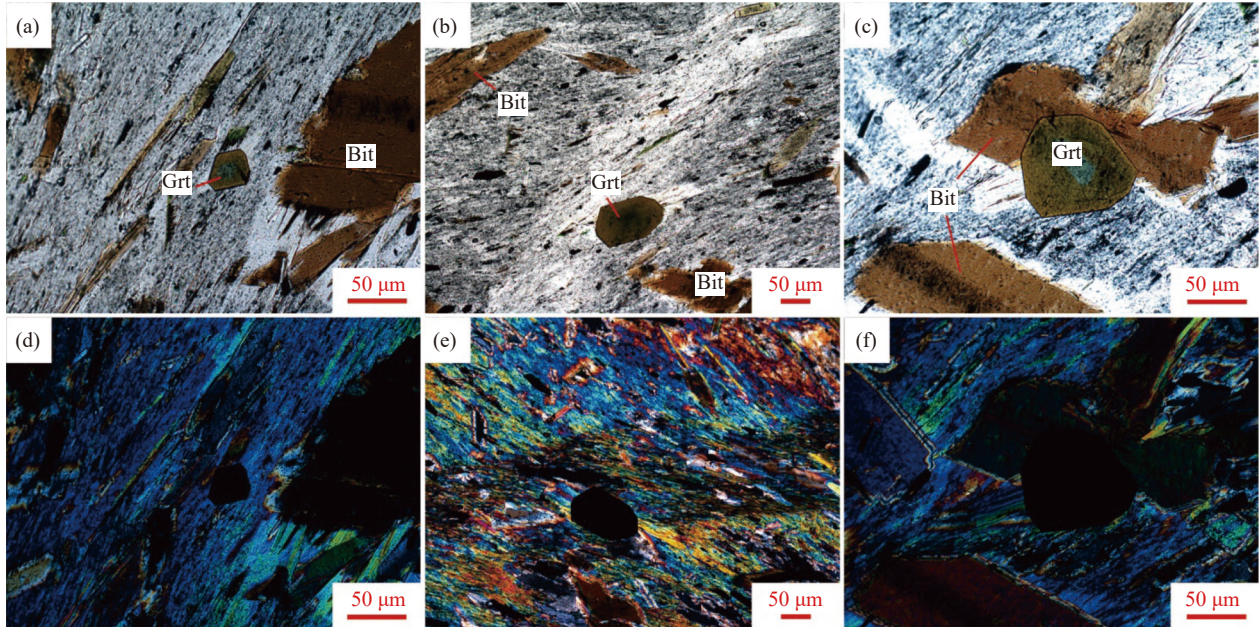


图 1 江浪穹隆地质简图<sup>[5]</sup>

Fig.1 Simplified geological map of Jianglang dome

别为 WJG-W3、PM29-110、PM16-7、PM07-55、081801；LA-ICP-MS 测试样品有 3 件，分别为 WJG-W4、081801-1、081801-2。上述这些样品均来源于含石榴子石云母片岩。其中，WJG-W3、WJG-W4 样品采自挖金沟（图 1），081801、081801-1、081801-2 样品采自里伍铜矿（图 1），PM29-110、PM16-7、PM07-55 样品分别采自剖面

PM29、PM16、PM07（图 1）。显微镜下观察发现，这些含石榴子石云母片岩由石榴子石（1%~2%）+黑云母（30%~40%）+白云母（40%~50%）+斜长石（10%~20%）矿物组成；其中，石榴子石以粒状矿物产出，可见清晰的六边形，大部分为自形粒状结构，晶体粒径较小，在 40~110  $\mu\text{m}$  之间（图 2）。



a,b,c. 里伍岩群中含石榴子石云母片岩镜下照片，单偏光；d,e,f. 里伍岩群中含石榴子石云母片岩镜下照片，正交偏光；Grt. 石榴子石；Bit. 黑云母

图 2 江浪穹隆片岩中石榴子石镜下照片

Fig.2 Microscopic of garnet in schist from the Jianglang dome

## 2.2 分析方法

将野外采集的样品分为两份，一份用于挑选石榴子石单矿物，另一份制成薄片供原位分析。在显微镜下进行详细的观察鉴定后，本文选取具有代表性的石榴子石矿物进行激光剥蚀电感耦合等离子体质谱（LA-ICP-MS）微区原位分析，以及采用 ICP-MS 全溶分析石榴子石矿物的化学成分。ICP-MS 分析测试所用仪器为电感耦合等离子体质谱仪，型号为热电（Thermo Fisher）ICP-MS iCAP RQ，使用称重法配制上机溶液，本次使用 Rh、In、Re、Bi 四个内标，测试使用的国际标样为 W-2a、BHVO-2，详细步骤参考岳倩（2020）<sup>[19]</sup>。LA-ICP-MS 微区原位分析测试在西北大学大陆动力学国家实验室完成，使用仪器为 Agilent 7900 型号等离子质谱仪，激光剥蚀系统为 NWR193HE 高能激光剥蚀系统，为 COMPEX102 激光器，详

细步骤参考 Yuan et al（2004）<sup>[20]</sup>。

## 3 分析结果

### 3.1 主量元素

ICP-MS 分析结果见表 1，LA-ICP-MS 微区原位分析结果见表 2、3。

ICP-MS 测试数据显示，Fe 含量为 24.90%~28.50%，平均值为 27.26%；Mg 含量为 1.020%~2.030%，平均值为 1.340%；Ca 含量为 1.050%~1.940%，平均值为 1.476%；Mn 含量为 0.286%~4.350%，平均值为 1.682%。从上述数据发现江浪穹隆片岩中石榴子石的 Fe 含量高且稳定，Mg、Ca、Mn 的含量变化较大。石榴子石端元组分 Alm 为 78.52%~89.44%（平均 85.82%），Spe 为 0.90%~13.72%（平均 5.30%），Pyr 为 3.20%~6.37%（平均 4.22%），Gro 为 3.30%~6.22%（平

表 1 江浪穹隆中石榴子石的 ICP-MS 成分分析结果及相关参数计算/ (g/t)

Table 1 ICP-MS results and calculated parameters of garnet in schist from the Jianglang dome

样品号	WJG-W3	PM29-110	PM16-7	PM07-55	081801
Mn*	0.286	4.350	0.723	1.590	1.460
Mg*	2.030	1.180	1.020	1.440	1.030
Ca*	1.050	1.280	1.870	1.940	1.240
Fe*	28.50	24.90	28.20	26.20	28.50
Sc	39.90	40.00	57.20	87.00	63.70
Ti	228.0	200.0	169.0	283.0	197.0
V	45.50	26.10	25.10	42.20	28.00
Cr	88.70	67.80	60.40	82.20	66.50
Co	32.60	13.30	13.50	9.800	15.30
Ni	0.290	0.777	0.733	1.120	1.170
Rb	0.250	3.340	2.070	7.060	2.530
Sr	2.250	19.70	7.990	6.410	8.880
Y	116.0	0.182*	698.0	439.0	828.0
Zr	173.0	107.0	42.00	74.40	50.00
Nb	0.343	0.253	0.577	2.380	0.177
Mo	0.095	1.090	0.074	0.132	0.027
Cd	0.261	1.540	0.432	1.380	1.130
Cs	0.029	0.023	0.049	1.070	0.111
Ba	0.419	0.578	1.340	4.100	1.290
La	14.30	14.20	8.010	5.700	38.80
Ce	32.00	27.30	15.40	11.10	72.60
Pr	4.100	3.120	1.760	1.280	8.380
Nd	16.20	11.50	6.550	4.700	30.60
Sm	4.600	3.720	2.720	1.420	7.730
Eu	0.640	1.240	1.040	0.470	2.030
Gd	9.610	21.20	17.10	8.440	24.90
Tb	2.470	14.70	8.820	5.000	12.20
Dy	17.50	198.0	90.00	56.40	121.0
Ho	3.710	59.60	23.60	14.60	29.40
Er	10.30	196.0	74.90	44.30	88.90
Tm	1.510	31.60	11.90	6.980	14.10
Yb	8.830	194.0	71.00	44.10	84.30
Lu	1.290	27.40	9.890	6.340	11.70
Hf	4.530	3.500	1.430	2.200	1.780
Ta	0.057	0.265	0.227	0.298	0.158
Pb	4.110	2.190	1.610	3.790	3.620
Th	9.240	6.340	3.790	3.140	18.10
U	1.870	1.240	1.880	0.630	2.430
ΣREE	127.06	803.58	342.69	210.83	546.64
LREE	71.84	61.08	35.48	24.67	160.1
HREE	55.22	742.5	307.2	186.2	386.5
δEu	0.294	0.427	0.466	0.415	0.447
δCe	1.024	1.006	1.006	1.008	0.987
(La/Yb) <sub>N</sub>	1.162	0.053	0.081	0.093	0.3301
LREE/HREE	1.300	0.082	0.115	0.133	0.414

\*单位为%

均 4.66%)。因此,江浪穹隆核部石榴子石端元组分主要为铁铝榴石(Alm), 锰铝榴石(Spe)、镁铝榴石(Pyr)和钙铝榴石(Gro)端元组分均较低(图 3)。另外, LA-ICP-MS 测试数据在误差范围内和 ICP-MS 结果一致, 且石榴子石矿物从边部→内环→核部的端元组分变化不大(图 4)。

### 3.2 微量元素

江浪穹隆片岩中石榴子石的微量元素分析结果相较于原始地幔明显富集重稀土元素(HREE), 相对亏损轻稀土元素(LREE)<sup>[21]</sup>。LA-ICP-MS 测试结果显示, LREE 为 2.70~2766.80 g/t (平均含量 139.67 g/t), HREE 为 50.8~2121.58 g/t (平均含量 696.36 g/t), 稀土元素总量较高(ΣREE =63.93~4404.75 g/t, 平均含量 835.98 g/t), 且分异明显(LREE/HREE=0.01~1.69, 平均值<0.14; (La/Yb)<sub>N</sub>=0.01~1.28, 平均值≈0.06); δCe (0.05~1.17, 平均 0.25) 变化较小, 呈现为明显的负异常; δEu (0.24~6.70, 平均 0.81) 异常不明显; 江浪穹隆片岩中石榴子石相对富集高场强元素(如 U、Ta、Hf 等), 亏损大离子亲石元素(如 K、Sr、Ba 等), U、Ta、Hf、K、Sr、Ba 的含量分别为 0.02~431.86 g/t、0.01~2211.62 g/t、0.07~218.93 g/t、6.11~94.29 g/t、0.10~513.70 g/t、0.29~2568.65 g/t (图 5)。另外, ICP-MS 和 LA-ICP-MS 测试结果在误差范围内基本一致; 石榴子石稀土元素配分模式图显示(图 6), 轻稀土相对亏损, 重稀土明显富集的左倾型。

## 4 讨论

### 4.1 石榴子石成因类型

石榴子石的成因类型主要有变质型、转熔型和岩浆型等。其中, 变质型石榴子石主要在不同的岩石变质作用过程中形成(如矽卡岩和含石榴子石云母片岩)。从江浪穹隆片岩中石榴子石来源图解可以看出(图 7a), 江浪穹隆片岩中石榴子石为变质成因。低级变质石榴子石 Mn<sup>2+</sup>含量较高, 随着变质程度的加深, 石榴子石中的 Fe<sup>2+</sup>含量会增加, Mn<sup>2+</sup>的含量会降低, 是因为随着变质强度的增加 Mn<sup>2+</sup>在石榴子石中稳定性变低逐渐而被 Fe<sup>2+</sup>代替, 锰铝榴石转变为铁铝榴石<sup>[22]</sup>。江浪穹隆片岩中石榴子石组成成分以铁铝榴石(Alm)为主, 平均含量>83.00%; 锰铝榴石(Spe)平均含

表2 江浪穹隆核部石榴子石样品(WJG-W4)的LA-ICP-MS成分分析结果及相关参数计算/(g/t)  
Table 2 LA-ICP-MS results and calculated parameters of garnet sample(WJG-W4) in schist from the Jianglang dome

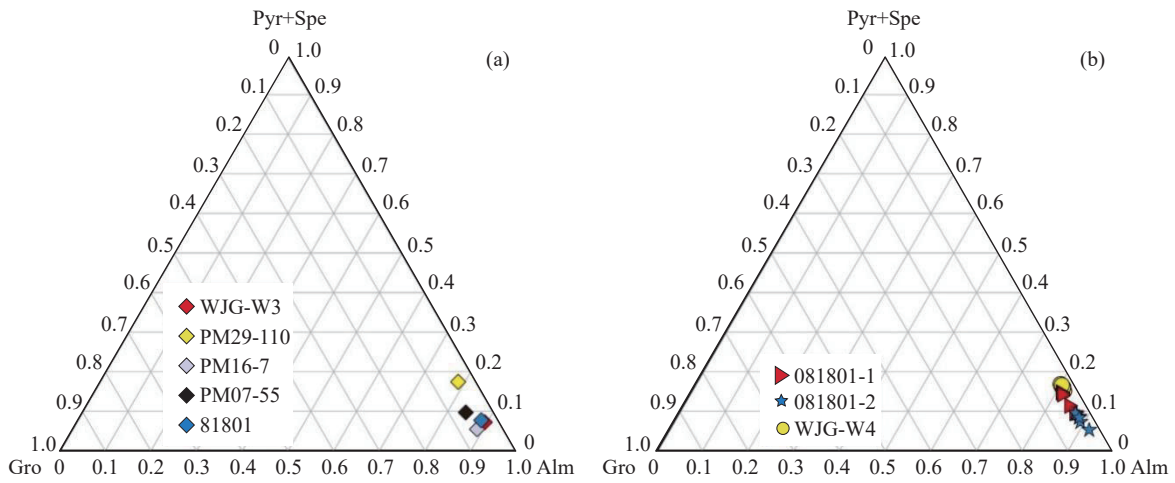
样品 点位	WJG-W4									
	边部	边部	内环	核部	核部	核部	核部	内环	边部	边部
Mn*	5.048	2.803	2.617	2.472	2.801	2.881	2.282	2.277	2.564	2.670
Mg*	0.281	1.499	1.555	1.526	1.555	1.499	1.565	1.573	1.540	1.483
Ca*	1.557	0.799	0.838	0.828	0.830	0.825	0.825	0.830	0.762	0.757
Fe*	38.47	20.63	21.03	20.53	21.04	20.75	20.51	20.72	20.63	20.10
K	14.75	7.410	7.700	7.570	6.720	6.360	6.960	6.460	7.800	94.29
Sc	218.6	136.8	132.9	106.3	126.5	141.1	98.39	106.7	123.5	113.5
Ti	245.6	165.1	115.1	142.6	103.7	158.4	128.2	190.8	104.9	84.43
V	199.5	106.3	92.02	114.2	103.5	113.1	148.0	159.1	89.67	92.48
Cr	439.8	206.6	161.3	176.4	147.1	271.9	249.1	225.4	166.5	134.8
Co	56.51	30.70	30.58	30.35	30.04	28.96	28.98	28.29	26.61	25.85
Ni	195.0	61.93	49.62	30.62	29.03	22.07	12.45	9.850	16.06	9.290
Rb	128.9	15.35	9.510	6.270	4.360	3.250	1.720	1.540	1.490	1.590
Sr	513.7	3.710	1.960	1.330	0.980	0.790	0.370	0.250	0.310	1.040
Y	303.9	234.3	217.3	82.29	281.2	184.7	36.54	28.32	0.182*	0.332*
Zr	169.6	18.99	18.79	2.890	2.650	19.32	3.020	4.110	3.030	2.710
Nb	422.0	1.970	1.340	0.780	0.340	0.340	0.100	0.159	0.144	0.088
Cs	1163	4.140	2.670	1.750	1.250	0.820	0.460	0.410	0.430	0.300
Ba	2568.7	15.78	5.270	4.820	3.310	2.600	1.310	1.180	1.040	3.990
La	375.7	1.560	0.100	0.310	0.188	0.230	0.079	0.116	0.114	0.069
Ce	624.4	1.100	0.580	0.260	0.230	0.117	0.083	0.123	0.057	0.270
Pr	726.6	0.580	0.610	0.390	0.120	0.172	0.071	0.061	0.042	0.044
Nd	397.0	9.660	4.500	3.010	1.470	1.340	0.620	0.82	0.370	0.330
Sm	252.1	45.85	28.67	26.54	18.46	13.63	10.24	9.370	5.300	4.290
Eu	390.0	20.50	12.28	10.11	6.420	4.620	3.520	2.580	1.840	1.440
Gd	73.97	37.61	36.37	32.65	37.87	32.01	23.48	20.87	26.77	27.77
Tb	176.1	77.20	62.80	34.22	55.10	38.91	12.06	9.85	16.78	20.55
Dy	92.06	62.19	58.99	26.99	73.29	52.66	13.53	11.65	45.92	74.39
Ho	209.2	121.4	84.81	22.53	77.05	38.25	4.620	3.130	16.68	33.09
Er	116.6	99.97	80.32	18.77	87.84	40.48	4.470	3.020	26.07	62.79
Tm	355.0	58.42	28.98	4.260	19.73	6.970	0.510	0.390	3.570	8.140
Yb	211.1	144.2	87.45	16.39	84.25	27.63	7.930	1.800	17.42	44.09
Lu	404.9	30.34	12.20	1.640	8.090	2.960	0.190	0.150	1.830	4.380
Hf	218.9	10.58	6.450	0.730	0.530	3.880	0.260	0.330	0.380	0.160
Ta	2212	0.370	0.190	0.040	0.108	0.055	0.039	0.034	0.027	0.023
Re	815.5	4.030	2.130	1.590	0.840	0.350	0.204	0.213	0.300	0.009
Pb	594.1	1.380	0.840	0.380	0.410	0.270	0.138	0.140	0.183	0.310
Th	353.8	0.620	0.100	0.149	0.091	0.090	0.066	0.040	0.045	0.011
U	431.9	1.130	1.170	0.090	0.150	0.420	0.050	0.048	0.029	0.048
ΣREE	4404.705	710.56	498.66	198.07	470.11	259.98	81.40	63.93	162.76	281.64
LREE	2766.8	79.25	46.74	40.62	26.89	20.11	14.61	13.07	7.720	6.440
HREE	1638.95	631.31	451.92	157.45	443.22	239.87	66.79	50.86	155.04	275.2
δEu	6.700	1.460	1.160	1.050	0.730	0.650	0.670	0.550	0.380	0.300
δCe	0.220	0.280	0.280	0.160	0.370	0.140	0.250	0.360	0.200	1.170
(La/Yb) <sub>N</sub>	1.280	0.008	0.001	0.014	0.002	0.006	0.007	0.046	0.005	0.001
LREE/HREE	1.690	0.126	0.103	0.258	0.061	0.084	0.219	0.257	0.050	0.023

\*单位为%

表 3 江浪穹隆核部石榴子石样品 (081801-1、081801-2) 的 LA-ICP-MS 成分分析结果及相关参数计算/ (g/t)  
Table 3 LA-ICP-MS results and calculated parameters of garnet samples(081801-1、081801-2) in schist from the Jianglang dome

样品 点位	081801-1						081801-2					
	边部	内环	核部	核部	内环	边部	边部	内环	核部	核部	内环	边部
Mn*	2.966	3.060	3.001	2.181	1.646	2.926	1.568	1.075	1.637	1.036	0.425	1.303
Mg*	0.589	0.601	0.596	0.687	0.717	0.614	0.716	0.567	0.712	0.758	0.880	0.742
Ca*	0.883	0.930	0.913	0.901	0.840	0.926	0.852	0.623	0.888	0.897	0.666	0.817
Fe*	19.85	20.07	20.08	21.42	21.57	20.39	21.48	16.83	21.36	21.93	22.65	21.56
K	7.530	6.560	7.100	7.220	6.900	6.470	7.000	6.110	7.960	6.980	8.570	8.950
Sc	26.21	22.93	24.19	47.48	24.29	32.07	24.28	17.28	34.57	51.00	56.18	23.09
Ti	147.8	127.8	122.4	152.2	82.38	146.3	79.50	39.71	143.0	123.0	43.52	77.92
V	26.62	26.83	25.01	25.19	22.39	26.49	21.62	18.49	27.77	24.02	16.74	20.68
Cr	61.90	59.67	51.95	69.02	56.51	67.45	52.82	43.95	60.38	50.29	47.51	44.57
Co	13.06	12.57	12.67	13.79	13.44	12.44	13.42	10.68	13.18	13.64	15.15	13.15
Ni	4.900	6.620	5.450	6.220	5.980	3.920	5.890	4.120	4.970	2.730	6.270	4.700
Rb	1.260	1.260	1.190	0.830	0.750	0.650	0.670	0.570	0.650	0.570	0.650	0.660
Sr	0.560	0.400	0.360	0.176	0.200	0.170	0.140	0.101	0.138	0.124	0.124	0.120
Y	1627	1596	1489	666.0	1482	1258	1204	967.0	776.0	318.0	81.20	1192
Zr	2.420	2.090	2.140	3.520	2.450	2.580	2.910	1.610	3.280	4.130	2.350	3.000
Nb	0.107	0.059	0.118	0.085	0.075	0.067	0.073	0.051	0.040	0.051	0.073	0.100
Cs	0.249	0.194	0.214	0.201	0.188	0.154	0.170	0.151	0.153	0.168	0.171	0.159
Ba	0.470	0.500	1.110	0.650	0.660	0.430	0.290	0.410	0.560	0.410	0.650	0.560
La	0.042	0.045	0.050	0.034	0.021	0.027	0.045	0.0232	0.045	0.040	0.033	0.007
Ce	0.037	0.027	0.007	0.041	0.036	0.016	0.010	0.009	0.027	0.020	0.029	0.008
Pr	0.038	0.020	0.023	0.037	0.038	0.030	0.016	0.015	0.035	0.014	0.021	0.032
Nd	0.360	0.370	0.320	0.540	0.200	0.590	0.290	0.180	0.350	0.460	0.260	0.320
Sm	2.820	2.740	2.540	4.380	2.470	2.800	2.320	1.560	3.280	2.290	1.510	1.820
Eu	0.950	1.090	0.930	1.490	1.330	0.940	1.140	0.910	1.220	2.130	1.280	1.240
Gd	22.22	21.52	21.78	31.14	26.51	23.78	25.43	15.71	29.46	20.83	11.37	20.44
Tb	19.03	17.97	17.38	20.10	23.98	17.02	19.81	14.04	17.45	13.40	5.290	16.96
Dy	177.9	168.3	161.0	120.0	218.3	151.0	181.0	149.0	135.0	87.81	25.64	189.0
Ho	130.1	119.9	103.6	46.90	107.0	73.83	74.31	57.29	43.90	16.69	4.570	63.47
Er	555.9	513.6	424.5	127.0	335.2	252.5	242.0	164.0	124.0	26.62	10.11	168.0
Tm	122.4	113.6	89.56	19.63	53.64	45.71	38.93	23.10	18.51	2.620	1.740	22.03
Yb	969.9	919.6	738.4	121.5	335.6	354.8	261.4	138.2	113.8	13.73	15.71	123.1
Lu	124.1	123.6	113.0	13.24	34.17	50.06	29.36	14.02	12.05	1.580	3.130	11.65
Hf	0.180	0.190	0.180	0.140	0.160	0.150	0.171	0.073	0.130	0.140	0.173	0.110
Ta	0.040	0.048	0.051	0.066	0.023	0.052	0.017	0.016	0.025	0.023	0.007	0.021
Re	0.025	0.116	0.043	0.087	0.153	0.024	0.094	0.060	0.082	0.017	0.122	0.017
Pb	0.098	0.079	0.082	0.059	0.069	0.059	0.056	0.050	0.056	0.045	0.066	0.082
Th	0.021	0.003	0.008	0.009	0.014	0.013	0.018	0.003	0.015	0.011	0.028	0.005
U	0.100	0.140	0.160	0.200	0.080	0.150	0.074	0.023	0.075	0.079	0.019	0.042
∑REE	2125.83	2002.42	1672.80	505.97	1138.92	973.05	875.74	578.25	499.42	188.23	80.69	618.45
LREE	4.250	4.290	3.870	6.520	4.100	4.400	3.820	2.700	4.960	4.950	3.130	3.430
HREE	2121.58	1998.13	1668.93	499.45	1134.82	968.65	871.92	575.55	494.46	183.28	77.56	615.02
δEu	0.260	0.310	0.260	0.290	0.320	0.240	0.280	0.360	0.260	0.630	0.680	0.380
δCe	0.210	0.220	0.050	0.250	0.240	0.120	0.090	0.110	0.160	0.210	0.260	0.070
(La/Yb) <sub>N</sub>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	0.002	<0.001
LREE/HREE	0.002	0.002	0.002	0.013	0.004	0.005	0.004	0.005	0.010	0.027	0.040	0.006

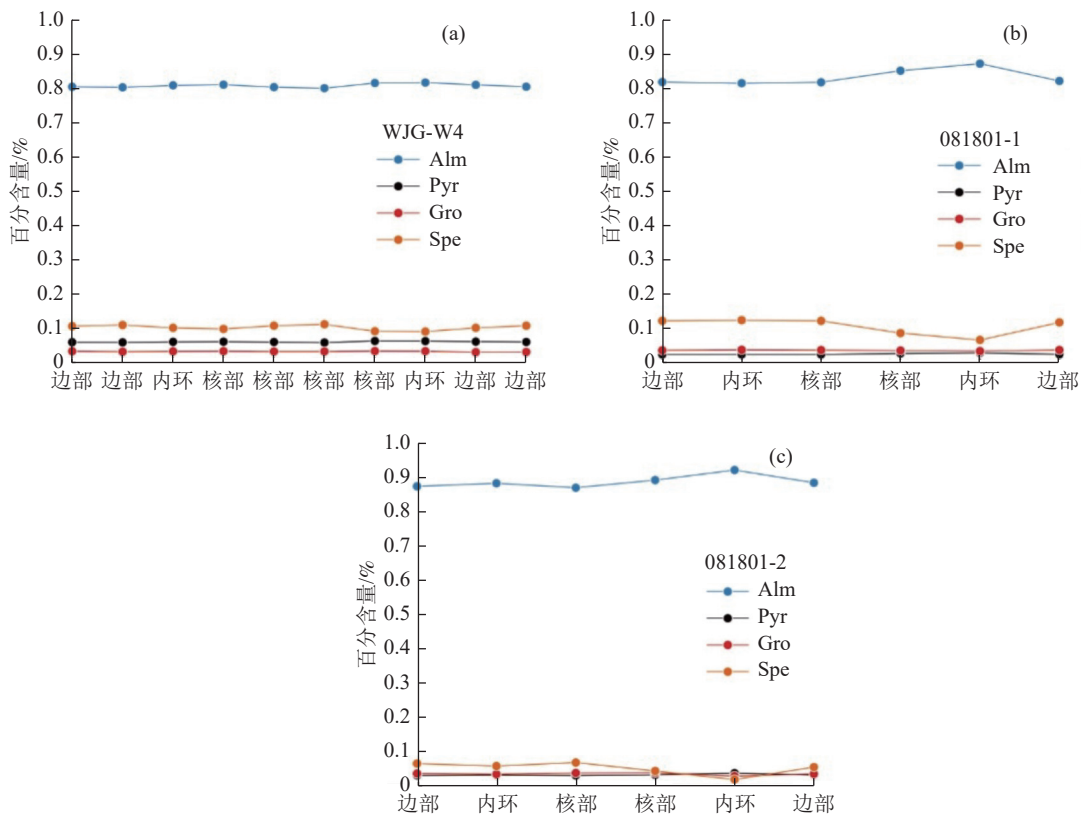
\*单位为%



a.ICP-MS; b. LA-ICP-MS; Gro. 钙铝榴石; Alm. 铁铝榴石; Pyr. 镁铝榴石; Spe. 锰铝榴石

图3 江浪穹隆片岩中石榴子石端元成分

Fig.3 Ternary major-element compositions of garnet in schist from the Jianglang dome



Gro-钙铝榴石; Alm-铁铝榴石; Pyr-镁铝榴石; Spe-锰铝榴石

图4 江浪穹隆片岩中石榴子石主要元素成分剖面

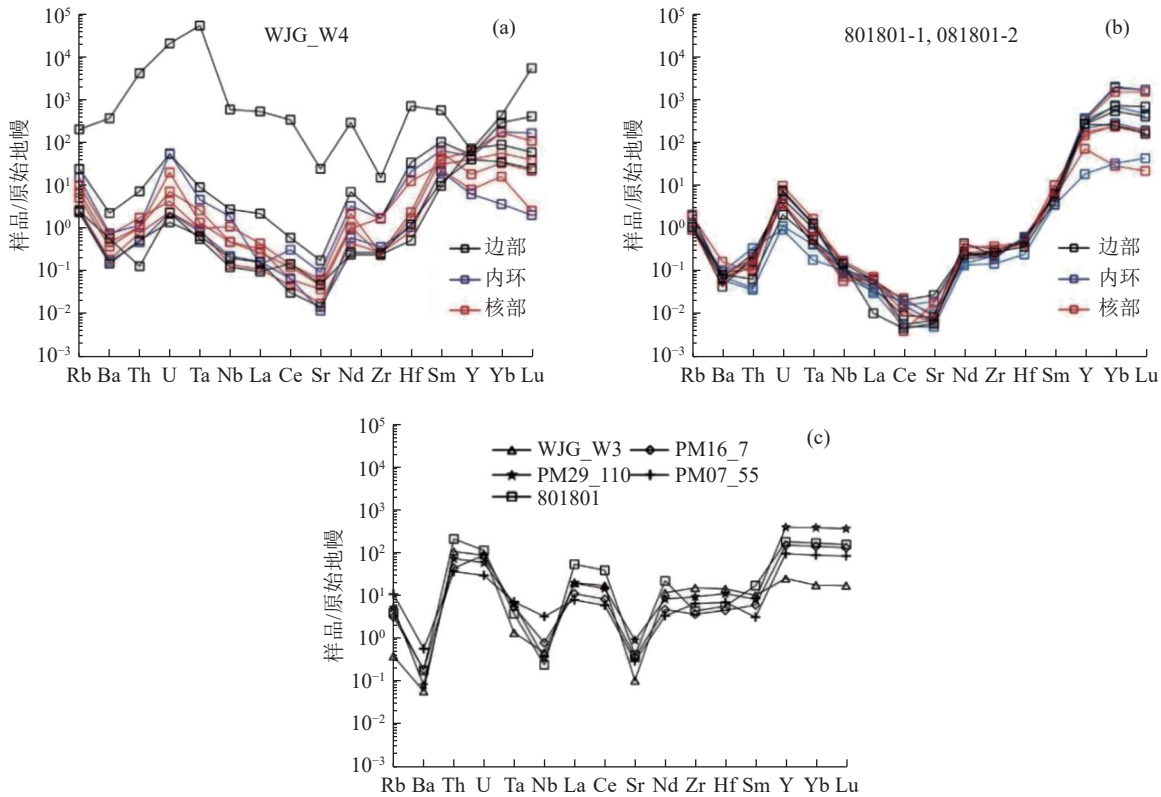
Fig.4 Major element composition profile of garnet in schist from the Jianglang dome

量<9%。从图7b可以看出，石榴子石矿物大多位于L区域，少量位于Ia区域，反映变质程度以低P-T为主，少量达到中P-T，与上述Fe<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Mn<sup>2+</sup>和Ca<sup>2+</sup>含量变化是一致的，反映该区域石榴子石变质程度以中级变质作用为主<sup>[23]</sup>，原岩为变

泥质岩。

#### 4.2 石榴子石微量元素特征及意义

微量元素进入石榴子石受到多种因素的影响（物质来源、流体作用、矿物晶体化学结构和静电作用等）。研究表明，受控于离子半径的大



a,b. LA-ICP-MS; c. ICP-MS

图 5 江浪穹隆片岩中石榴子石微量元素配分模式<sup>[21]</sup>

Fig.5 Primitive mantle-normalized spidergrams of trace elements for garnet in schist from the Jianglang dome

小，重稀土元素（HREE）比轻稀土元素（LREE）更容易进入到石榴子石晶体中。变质成因石榴子石微量元素分配主要受控于矿物的晶体化学结构，微量元素通过替代的方式进入到矿物的晶体中，替代阳离子和被替代阳离子的离子半径和电荷配比控制着微量元素的分配<sup>[26]</sup>。

石榴子石中稀土元素（REE）的矿物化学特征能有效地反映物质来源、物理化学条件以及演化<sup>[3,27]</sup>。岩浆和变质成因的石榴子石一般富含铁铝榴石（Alm）和镁铝榴石（Pyr），稀土元素（REE）分异较为明显，多呈现重稀土（HREE）富集和轻稀土（LREE）亏损的左倾配分模式，Eu 多为无异常或者负异常；热液成因的石榴子石多富含钙铁榴石（And），铁铝榴石（Alm）和镁铝榴石（Pyr）含量较低，可呈现轻稀土（LREE）相对富集、重稀土（HREE）相对亏损的右倾配分模式，也可出现轻稀土（LREE）相对亏损、重稀土（HREE）相对富集的左倾配分模式<sup>[28-29]</sup>。江浪穹隆片岩中石榴子石表现出明显的轻稀土（LREE）亏损、重稀土（HREE）富集的左倾配

分模式，Ce 负异常明显（ $\delta Ce=0.05\sim 1.17$ ，平均值=0.25），Eu 异常不明显，呈现出稀土元素（REE）总量较高（ $\sum REE=63.93\sim 4404.75$  g/t，平均含量 835.98 g/t）的特点，微量元素分配遵循阳离子代替机制，结合图 7a，表现出变质成因石榴子石的特点。Ce 是变价元素具有  $Ce^{3+}$  和  $Ce^{4+}$  两个价态，也是稀土元素（REE）中唯一能从三价态氧化为四价态的元素，在氧化条件下  $Ce^{3+}$  易被氧化为  $Ce^{4+}$  并通过水解沉淀发生转移。测试结果中石榴子石出现 Ce 明显负异常，可能与片岩与风化淋滤作用有关， $Ce^{3+}$  被氧化为  $Ce^{4+}$  与  $HCO_3^-$  络合形成稳定络合物溶于水，造成了 Ce 元素的迁移，形成了 Ce 的强烈亏损<sup>[30]</sup>。

### 4.3 石榴子石的形成条件

研究表明，石榴子石中的钇（Y）元素含量和变质温度之间存在着明显的负相关关系，石榴子石内钇（Y）元素含量与变质温度的经验关系公式<sup>[31-35]</sup>：

$$T(K) = 16031 / (\ln(Y \text{ g/t}) + 13.25)$$

上述关系式适用于 470~620 °C 的变泥质岩。



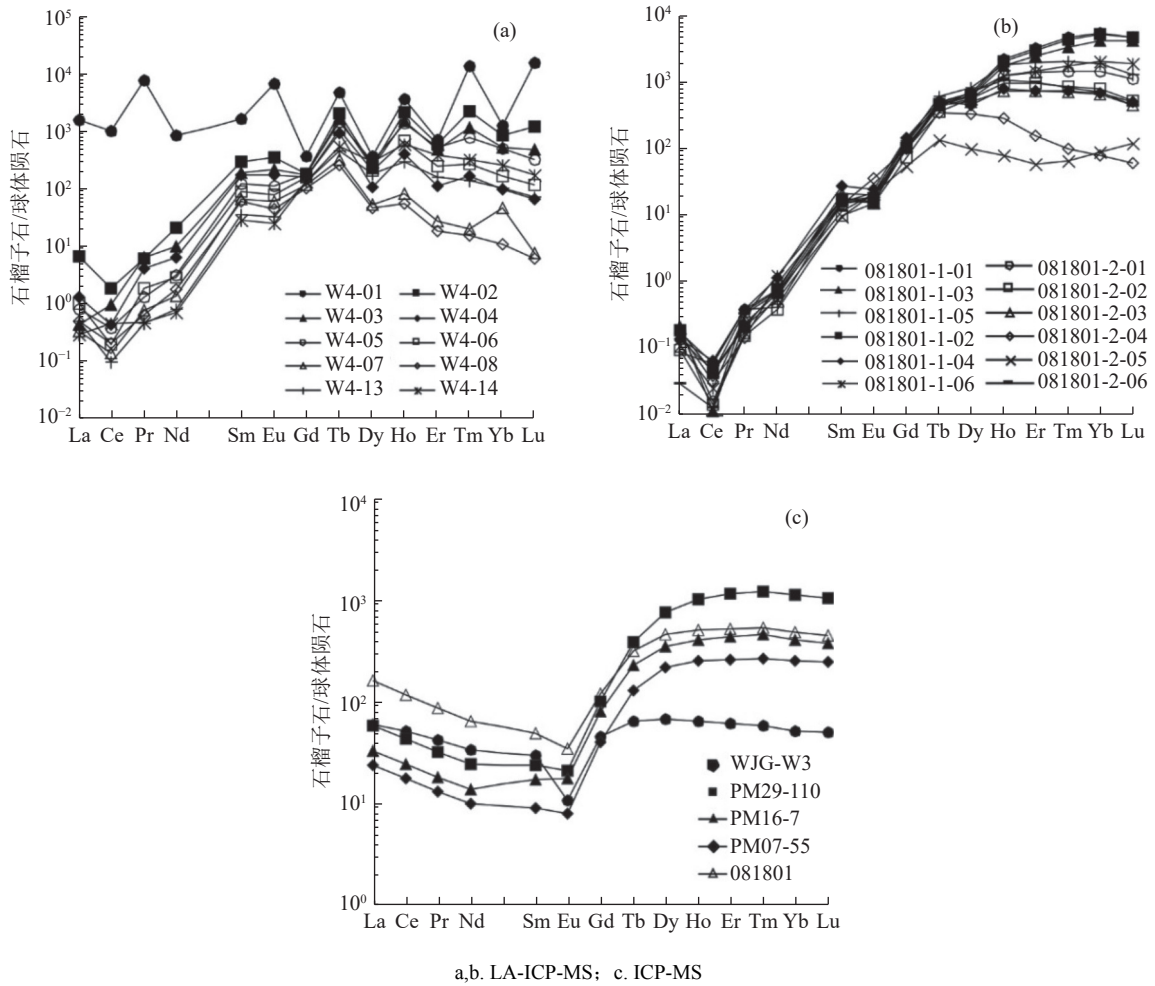
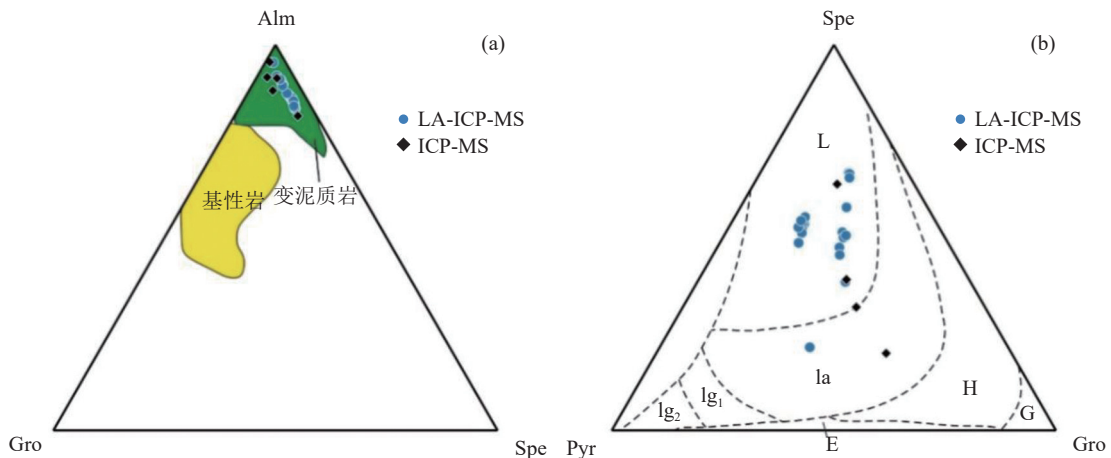


图6 江浪穹隆片岩中石榴子石稀土元素配分模式<sup>[21]</sup>

Fig.6 Chondrite-normalized REE distribution patterns for garnet in schist from the Jianglang dome



a. 江浪穹隆片岩中石榴子石来源图解; b. 江浪穹隆片岩中石榴子石 Spe-Pyr-Gro 判别图; L. 低  $P-T$ ; la. 中  $P-T$  (最高至角闪岩相); H. 高  $P-T$ ; lg<sub>1</sub>, lg<sub>2</sub>. 中  $P-T$  (麻粒岩相); E. 榴辉岩; G. 钙铝铁石榴子石; Gro. 钙铝榴石; Alm. 铁铝榴石; Pyr. 镁铝榴石; Spe. 锰铝榴石

图7 江浪穹隆片岩中石榴子石三元图解<sup>[24-25]</sup>

Fig.7 Ternary diagram of garnet in schist from the Jianglang dome

当钇 (Y) 的含量为 108 g/t 时, 计算温度为 621 °C; 当钇 (Y) 含量低于 108 g/t 时, 计算结果误

差较大。因此, 我们认为样品钇 (Y) 含量大于 108 g/t 时的数据具有更高可信度。ICP-MS 分析测

试的石榴子石钇 (Y) 元素含量, 计算温度为 499~617 °C, 平均温度为 548 °C; LA-ICP-MS 分析结果中, 除去钇 (Y) 含量低于 108 g/t 的数据后, 计算结果表明 (表 4): WJG-W4 样品温度范围为 568~596 °C, 平均温度为 583 °C; 081801-1 样品温度范围为 504~539 °C, 平均温度为 512 °C; 081801-2 样品温度范围为 515~570 °C, 平均温度为 531 °C。从图 1 可以看出, 石榴子石样品的反演温度与采样位置符合江浪穹隆巴罗式变质的特征。江浪穹隆片岩中石榴子石 Spe-Pyr-Gro 判别图可以得知, 石榴子石形成于低压环境 (图 7b)。同时, 谭洪旗<sup>[5]</sup> 在里伍铜矿利用石榴子石-黑云母矿物对获得 T=537~544 °C 和 P=0.5 Gpa, 与上述温压条件在误差范围内基本一致, 表明石榴子石 Y 温度计在该地区是可靠且适用的。另外, 从获取样品地理位置与温压条件看, 石榴子石 Y 温度计反映了离新火山花岗岩边界距离与温度呈现负相关性特点, 暗示江浪穹隆中燕山期变质与岩浆作用有关, 呈现巴罗式变质带的特征。这一发现也与谭洪旗等<sup>[5]</sup> 论述的一致, 代表了变质峰期的温压特点。

表 4 江浪穹隆片岩石榴子石的钇 (Y) 含量及变质温度计算

Table 4 Calculation of yttrium (Y) content and metamorphic temperature of garnet in schist from the Jianglang dome

样品	采集地点	分析测试方法	Y/(g/t)	温度/°C	与新火山花岗岩距离/km
WJG-W3	挖金沟	ICP-MS	116	617	6.65
PM29-110	PM29	ICP-MS	1820	499	12.14
PM16-7	PM16	ICP-MS	698	538	13.45
PM07-55	PM07	ICP-MS	439	556	8.18
081801	里伍	ICP-MS	828	530	7.53
081801-1	里伍	LA-ICP-MS	1353	512	8.23
081801-2	里伍	LA-ICP-MS	891	531	8.95
WJG-W4	挖金沟	LA-ICP-MS	248	583	7.32

## 5 结 论

(1) 江浪穹隆片岩中石榴子石为变质成因, 其端元成分为铁铝榴石 (Alm)。石榴子石稀土元素 (REE) 总量较高, 分配模式呈现明显的轻稀土亏损 (LREE)、重稀土 (HREE) 富集的左倾分配模式, Eu 异常不明显, 负 Ce 异常显著; 相对富集高场强元素 (如 U、Ta、Hf), 亏损大离子亲石元素 (如 K、Sr、Ba)。

(2) 江浪穹隆片岩中石榴子石反演的变质温度为 512~583 °C, 形成的变质压力较低, 属于中

温低压相系。变质温度与至新火山花岗岩的距离呈负相关关系。

(3) 江浪穹隆经历了高绿片岩相的巴罗式变质作用。

## 参考文献:

[1] Grew E S, Locockck A J, Galuskina I O, et al. Nomenclature of the garnet super group[J]. *American Mineralogist*, 2013, 98:785-810.

[2] 汪镜亮. 石榴子石应用概述 [J]. *矿产综合利用*, 1993(4):15-22.

WANG J L. Application of garnet[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 1993(4):15-22.

[3] 叶紫枫, 杨光树, 覃龙江, 等. 云南大红山铁铜矿床石榴子石特征与地质意义[J]. *矿物学报*, 2022, 42(4):461-477.

YE Z F, YANG G S, QIN L J, et al. Characteristics and geological significances of the garnets in the Dahongshan iron-copper deposit, Yunnan, China[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2022, 42(4):461-477.

[4] 谭洪旗, 罗丽萍, 周家云, 等. 川西锦屏地区青纳金矿床的发现及地质意义[J]. *科学技术与工程*, 2016, 16(21):12-19.

TAN H Q, LUO L P, ZHOU J Y, et al. Discovery of Qingna gold deposit in Jinping Area and its geological significance, Western Sichuan[J]. *Science Technology and Engineering*, 2016, 16(21):12-19.

[5] 谭洪旗. 松潘—甘孜地块南缘穹隆体物质组成、变形—变质特征及成矿响应[D]. 成都: 成都理工大学, 2019.

TAN H Q. The composition, deformation-metamorphic characteristics and metallogenic response of the dome geological bodies on the South Margin of Songpan-Garze Block[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2019.

[6] 刘晓佳, 许志琴. 松潘-甘孜造山带南部江浪穹隆中侏罗世花岗岩及构造意义[J]. *地质学报*, 2021, 95:1754-1773.

LIU X J, XU Z Q. Tectonic significance of Middle Jurassic granites in the Jianglang dome, southern Songpan-Ganzi orogen belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2021, 95:1754-1773.

[7] 周家云, 谭洪旗, 龚大兴, 等. 川西江浪穹隆核部新火山花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年和 Hf 同位素研究[J]. *矿物岩石*, 2013, 33(4):42-52.

ZHOU J Y, TAN H Q, GONG D X, et al. Zircon la-icp-ms u-pb dating and Hf isotopic composition of Xinhuoshan granite in the core of Jianglang Dome, Western Sichuan, China[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2013, 33(4):42-52.

[8] 周家云, 谭洪旗, 龚大兴, 等. 乌拉溪铝质 A 型花岗岩: 松潘-甘孜造山带早燕山期热隆伸展的岩石记录[J]. *地质论评*, 2014, 60(2):348-362.

ZHOU J Y, TAN H Q, GONG D X, et al. Wulaxi aluminous A-type granite in Western Sichuan, China: recording early Yanshanian lithospheric thermo-upwelling extension of Songpan-Garze Orogenic Belt[J]. *Geological Review*, 2014,

- 60(2):348-362.
- [9] 许志琴, 侯立玮, 王宗秀, 等. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 1-6.
- XU Z Q, HOU L W, WANG Z X, et al. The orogenic process of the Songpan-Garze orogenic belt in China[M]. Beijing: Geology Press, 1992: 1-6.
- [10] 傅昭仁, 宋鸿林, 颜丹平. 扬子地台西缘江浪变质核杂岩结构及对成矿的控制[J]. 地质学报, 1997, 71(2):113-122.
- FU Z R, SONG H L, YAN D P. The structure of the jianglang metamorphic core complex in the western margin of the Yangtze platform and its control on metallization[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1997, 71(2):113-122.
- [11] 代堰镭, 朱玉娣, 张惠华, 等. 川西江浪穹窿二叠纪大理岩微量元素与碳、氧同位素组成: 对古沉积环境的指示[J]. 地球化学, 2017, 46(3):231-239.
- DAI Y P, ZHU Y D, ZHANG H H, et al. Trace element and C-O isotopic constraints on the ancient depositional environment of Permian marble in the Jianglang dome, western Sichuan Province[J]. *Geochimica*, 2017, 46(3):231-239.
- [12] 李同柱, 冯孝良, 代堰镭, 等. 川西里伍式富铜矿床成矿地质条件及找矿前景分析[J]. 沉积与特提斯地质, 2016, 36(3):8-15.
- LI T Z, FENG X L, DAI Y P, et al. The geology and exploration potential of the Liwu-type copper-rich deposits in western Sichuan[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2016, 36(3):8-15.
- [13] 袁华云, 周清, 丁俊, 等. 川西江浪岩组碎屑锆石 U-Pb 年代学研究[J]. 矿物学报, 2017, 37(3):296-304.
- YUAN H Y, ZHOU Q, DING J, et al. U-Pb geochronological studies on detrital zircon in Jianglang Group, Western Sichuan Province, China[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2017, 37(3):296-304.
- [14] 刘晓佳, 许志琴, 郑艺龙, 等. 松潘-甘孜地体东南缘长枪穹隆核部里伍群碎屑锆石年代学和 Hf 同位素特征及其构造意义[J]. 岩石学报, 2019, 35(6):1693-1716.
- LIU X J, XU Z Q, ZHENG Y L, et al. Characteristics of detrital zircon U-Pb geochronology and Hf isotopes from Liwu Group within the Changqiang dome on the southeastern margin of Songpan-Ganzi terrane and its tectonic implications[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2019, 35(6):1693-1716.
- [15] 谭洪旗, 朱志敏, 周雄, 等. 川西九龙地区两期伟晶岩型稀有金属成矿作用[J]. 矿产综合利用, 2022(1):15-24.
- TAN H Q, ZHU Z M, ZHOU X, et al. Two periods rare metal mineralization of the pegmatite in Jiulong Area, Western Sichuan[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2022(1):15-24.
- [16] 唐高林, 张惠华, 代堰镭, 等. 川西江浪穹窿核部里伍岩群变质岩的地球化学特征及成岩构造背景[J]. 矿物岩石, 2016, 36(1):41-47.
- TANG G L, ZHANG H H, DAI Y P, et al. Geochemical features and tectonic setting of metamorphic rocks in the Liwu Group, core of the Jianglang dome, Western Sichuan Province[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2016, 36(1):41-47.
- [17] 谭洪旗, 朱志敏, 罗林洪, 等. 川西洛莫地区燕山早期花岗岩对稀有金属成矿的制约[J]. 地质学报, 2023, 97(2):396-416.
- TAN H Q, ZHU Z M, LUO L H, et al. Distribution of early Yanshanian granite and its constraints on the mineralization of rare metals in Luomo area, western Sichuan[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2023, 97(2):396-416.
- [18] 罗丽萍, 胡军亮, 谭洪旗, 等. 川西上基拱伟晶岩型铍矿绿柱石矿物化学特征[J]. 矿产综合利用, 2021(5):113-119.
- LUO L P, HU J L, TAN H Q, et al. Mineralogical characteristics of the pegmatite type beryl in Shangjigong, Western Sichuan Province[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(5):113-119.
- [19] 岳倩. 皖南燕山期花岗岩年代学与岩石成因[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2020.
- YUE Q. Geochronology and petrogenesis of Yanshanian granites in southern Anhui[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2020.
- [20] Yuan H L, Gao S, Liu X M, et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry[J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2005, 28(3):353-370.
- [21] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of Oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes[J]. *Geological Society of London Special Publications*, 1989, 42(1):313-345.
- [22] 刘春花, 杨林, 尹京武, 等. 新疆库鲁克塔格兴地塔格群中石榴子石的矿物学特征研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(2):234-242.
- LIU C H, YANG L, YIN J W, et al. Mineralogical characteristics of garnets from Xingditage Group of Kuruk Tag, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2011, 30(2):234-242.
- [23] Clarke G L, Aitchison J C, Cluzel D. Eclogites and Blueschists of the Pam Peninsula, NE New Caledonia: a Reappraisal[J]. *Journal of Petrology*, 1997, 38(7):843-876.
- [24] Krippner A, Meinhold G, Morton A C, et al. Evaluation of garnet discrimination diagrams using geochemical data of garnets derived from various host rocks[J]. *Sedimentary Geology*, 2014, 306:36-52.
- [25] 高利娥, 曾令森, 石卫刚, 等. 喜马拉雅造山带新生代花岗岩中两类石榴子石的地球化学特征及其在地壳深熔作用中的意义[J]. 岩石学报, 2012, 28(9):2963-2980.
- GAO L E, ZENG L S, SHI W G, et al. Two types of garnets in the Cenozoic granites from the Himalayan Orogenic Belt: Geochemical characteristics and implications for crustal anatexis[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(9):2963-2980.

- [26] 郁凡, 舒启海, 曾庆文, 等. 湘南新田岭矽卡岩型钨矿床石榴子石成分特征及其地质意义[J]. *岩石学报*, 2022, 38(1):78-90.
- YU F, SHU Q H, ZENG Q W, et al. Chemical composition of garnet from the Xintianling skarn W deposit in southern Hunan and its geological significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2022, 38(1):78-90.
- [27] 洪东铭, 简星, 黄鑫, 等. 石榴子石微量元素地球化学及其在沉积物源分析中的应用[J]. *地学前缘*, 2020, 27(3):191-201.
- HONG D M, JIAN X, HUANG X, et al. Garnet trace elemental geochemistry and its application in sedimentary provenance analysis[J]. *Earth Science Frontiers*, 2020, 27(3):191-201.
- [28] Bea F, Pereira M, Stroth A. Mineral/leucosome trace-element partitioning in a peraluminous migmatite (a laser ablation-ICP-MS study)[J]. *Chemical Geology*, 1994, 117(1):291-312.
- [29] Gaspar M, Knaack C, Meinert L D, et al. REE in skarn systems: a LA-ICP-MS study of garnets from the Crown Jewel gold deposit[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2008, 72(1):185-205.
- [30] 孙承兴, 王世杰, 季宏兵. 碳酸盐岩风化成土过程中 REE 超常富集及 Ce 强烈亏损的地球化学机理[J]. *地球化学*, 2002(2): 119-129.
- SUN C X, WANG S J, JI H B. Formation mechanism of the superhigh concentration of REE and the strong negative Ce anomalies in the carbonate rock weathering profiles in Guizhou Province, China[J]. *Geochimica*, 2002(02): 119-129.
- [31] 王娟, 张妍, 宋传中, 等. 石榴子石钇 (Y) 元素电子探针分析及应用—以佛子岭石榴云母片岩为例[J]. *岩石学报*, 2022, 38(3):619-638.
- WANG J, ZHANG Y, SONG C Z, et al. Analysis and application of yttrium element in garnet by electron microprobe analyzer: A case study of garnet-mica schist from Foziling Group[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2022, 38(3):619-638.
- [32] Pyle J M, Spear F S. Yttrium zoning in garnet: Coupling of major and accessory phases during metamorphic reactions[J]. *American Mineralogist*, 1999, 1(6):1-49.
- [33] Pyle J M, Spear F S. An empirical garnet (YAG)-xenotime thermometer[J]. *Contributions to Mineralogy & Petrology*, 2000, 138(1):51.
- [34] Borghi A, Cossio R, Mazzoli C. A mineralogical application of micro-PIXE technique: Yttrium zoning in garnet from metamorphic rocks and its petrologic meaning[J]. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2002, 189:412-417.
- [35] Carlson W D. Rates and mechanism of Y, REE, and Cr diffusion in garnet[J]. *American Mineralogist*, 2012, 97(10):1598-1618.

## Mineral Chemical Characteristics and Constraint on Metamorphic Temperature of Garnet from the Liwu Group, Western Sichuan, China

HUANG Chixuan<sup>1,2</sup>, TAN Hongqi<sup>3</sup>, YANG Yulong<sup>1</sup>, WANG Qiang<sup>1</sup>, HU Junliang<sup>1,2</sup>, TANG Yao<sup>1</sup>  
 (1.College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;  
 2.Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences,  
 Technology Innovation Center of Rare Earth Resources Development and Utilization, China Geological  
 Survey, Chengdu 610041, Sichuan, China; 3.Sichuan Geological and Mineral Resources Group Co., Ltd,  
 Chengdu 610016, Sichuan, China)

**Abstract:** This is an article in the field of earth sciences. To reveal the mineral chemistry characteristics and metamorphic temperature of garnet in the Liwu Group due to core of Jianglang dome, the major, trace and rare earth elements of garnet were analyzed at different locations in this paper. The results show that the major-element composition of garnet in schist from the Jianglang dome is mainly Alm. ICP-MS (average content 85.82%) and LA-ICP-MS (average content 83.51%) is basically consistent within the error range of the Alm content obtained. The total content of rare earth elements (REE) is high, and show obvious LREE-depleted and HREE-enriched left-declined REE distribution patterns, with unobvious Eu anomalies and negative Ce anomalies, Enriched in large ionic strength elements (U, Ta, Hf) and depleted high field lithophile elements (K, Sr, Ba). In addition, the formation temperature of garnet in schist from the Jianglang dome is 512~583 °C, and the formed metamorphic pressure is relatively low. It is a negative correlation between the metamorphic temperature and the distance to the Xinquoshan granite. In conclusion, the Jianglang dome experienced “Barrovian-type” metamorphism of high greenschist facies.

**Keywords:** Earth sciences; Garnet; Mineral chemistry; Liwu Group-complex; Jianglang dome