

辽西中生代花岗岩中锆石的地球化学 演化特征及其地质意义

刘 成 龙

(辽宁省地质实验研究中心)

主题词: 中生代; 花岗岩; 锆石; 矿物地球化学; 辽西

提 要: 文中论述了辽西中生代花岗岩中锆石富 ΣREE 、Mo, 低Zr/Hf的成分特点。随岩浆演化, 岩体由早侵入期次到晚侵入期次, 锆石的Hf、 ΣREE 、Th、U含量递增, Zr/Hf递减的演化规律明显。晚世代锆石较早世代更富含成矿元素(Mo)、稀土、放射性元素。

指出锆石中成矿元素Mo的浓集, 并伴随着Hf、 ΣREE 、Th、U元素含量的相对增高, 可作为岩体潜在成矿(Mo)的一种重要标志。锆石的矿物地球化学特征为区内花岗岩成因类型的划分提供了依据。

锆石在辽西中生代花岗岩中广泛分布。前人对该区岩体中锆石的某些标型特征虽曾做过一些工作,但对锆石的矿物地球化学特征及其演化特点尚未涉及,对于这些特征在普查找矿和岩石成因类型划分上的标志意义,还未引起人们的注意。

本文通过大量实测数据试图阐述区内不同侵入期次岩体中锆石的矿物地球化学特征及其演化特点,并在此基础上运用类比法,进一步探讨了锆石的某些微量元素特征在区内找矿及岩石成因类型划分上的应用。

一、锆石的分布

辽西地区中生代花岗岩类广泛发育,按其形成时代从早到晚可划分出五个不同侵入期次:三迭一早侏罗世闪长岩—石英闪长岩 (δ_5^{1-2});早侏罗世第一侵入期花岗闪长岩—石英二长闪长岩—黑云母二长花岗岩 ($\gamma\delta_5^{2(1)1}$);早侏罗世第二侵入期中粗粒花岗岩—中粗粒二长花岗岩 ($\gamma_5^{2(1)2}$);晚侏罗世细粒花岗岩—斑状细粒花岗岩 ($\gamma_5^{2(3)}$);早白垩世花岗斑岩 ($\gamma\pi_5^{3(1)}$)。

锆石在区内岩体中虽是一种贯通性副矿物,但分布并不均衡,从早侵入期次到晚侵入期次,其含量显示依 $\delta_5^{1-2} \rightarrow \gamma\delta_5^{2(1)1} \rightarrow \gamma_5^{2(1)2} \rightarrow \gamma_5^{2(3)} \rightarrow \gamma\pi_5^{3(1)}$ 顺序递减的演化趋势(表1,图1)。从早期闪长岩类到晚期花岗斑岩,锆石的含量逐渐降低。

表 1 各期次花岗岩中锆石的平均含量

Table 1 Average contents of zircons in granites of various stages

侵入期次	δ_5^{1-2}	$\gamma\delta_5^{2(1)1}$	$\gamma_5^{2(1)2}$	$\gamma_5^{2(3)}$	$\gamma\pi_5^{3(1)}$
岩 性	闪 长 岩	花岗闪长岩类	中粗粒花岗岩	细粒花岗岩	花岗斑岩
含量(g/t) 样 品 数	$\frac{80}{8}$	$\frac{78}{16}$	$\frac{40}{12}$	$\frac{37}{17}$	$\frac{28}{12}$

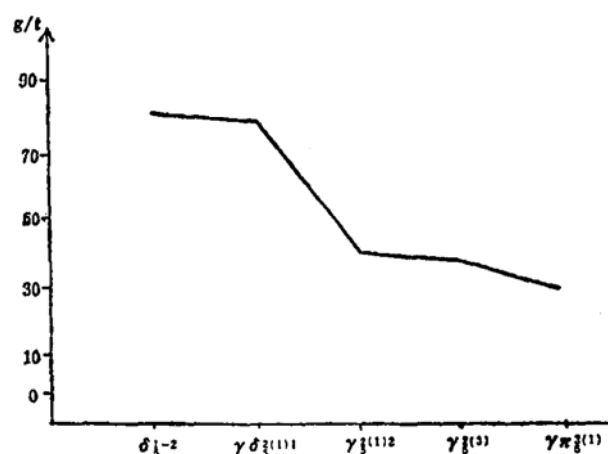


图 1 各期次花岗岩中的锆石含量演化曲线

Fig. 1 Evolution curves for content of zircons from granites of various stages

二、锆石地球化学特征及其演化

区内中生代花岗岩中锆石化学成分的突出特点是: ZrO_2 含量均低于理论值 (ZrO_2 67.1%), 本区内锆石中 ZrO_2 含量变化于 60.6%—66.8% 间 (大部分介于 64—65%), 这是由于 Hf、 ΣREE 、放射性元素及某些金属元素类质同象替代所造成; 晚期次岩体中锆石富含 ΣREE 、Th、U 等元素, 部分锆石已成为富稀土或放射性元素的变种锆石; HfO_2 含量为 1.728—3.691%, Zr/Hf 比值偏小; 通常 $Th > U$ 、 $Ta > Nb$ 、 $Zn > Pb$ 、Cu; 富成矿元素 Mo (表2)。

1. 含Hf量及Zr/Hf比值的演化 Zr和Hf化学性质相近, 在地质作用过程中通常紧密伴生, 是典型的地球化学元素共生对, 但在不同地球化学条件下, Zr、Hf可以表现出不同的性状, 从而发生某种程度的分离, 这样Zr/Hf比值就起到相应的标型作用。按前人资料, 从基性岩到酸性岩锆石的Zr/Hf比值逐渐减小, 反映了基性岩浆和酸性岩浆地球化学性质上的差别。在辉长岩中Zr/Hf为50—70, 花岗岩中为35—40, 伟晶岩中则为30^{[1][2]}。由于区内中生代花岗岩中锆石的化学成分具有Zr含量亏损、相对含Hf较高等特征, 故Zr/Hf比值普遍偏小, 为20.9—32.7。

不同侵入期次花岗岩锆石的含Hf量及Zr/Hf比值变化具有一定的规律性。从表2和图2可

表2 花岗岩中锆石的元素含量对比

Table 2 Comparison in contents of elements between zircons from various granites

侵入期次	岩性(样数)	元素平均含量 (ppm)								氧化物(%)			Zr/Hf
		Mo	Pb	Zn	Cu	Th	U	Nb	Ta	ZrO ₂	HfO ₂	ΣREE_2O_3	
三迭—早侏罗世(δ_5^{1-2})	石英闪长岩(4)、细粒闪长岩、黑云角闪闪长岩、含辉石黑云二长闪长岩	80	121	153	96	800	176	0	8	64.82	1.826	0.46	31.0
早侏罗世第一侵入期($\gamma\delta_5^{2(11)}$)	石英二长闪长岩(2)、花岗闪长岩(2)、中粒花岗闪长岩(6)、斑状细粒花岗闪长岩、黑云二长花岗岩(6)、黑云二长闪长岩	87	72	378	88	255	458	21	24	65.38	1.890	0.19	30.3
早侏罗世第二侵入期($\gamma\delta_5^{2(112)}$)	中粗粒花岗岩(5)、中粗粒二长花岗岩(2)、黑云母二长花岗岩、巨斑状黑云角闪二长花岗岩、巨斑状二长花岗岩、花岗斑岩	120	139	169	320	3172	732	91	123	65.30	2.010	0.71	28.1
晚侏罗世($\gamma\delta_5^{2(3)}$)	含钼细粒花岗岩、细粒花岗岩(5)、斑状细粒花岗岩(8)、细粒黑云母花岗岩	167	18	201	72	712	379	21	106	65.46	2.061	2.18	27.7
早白垩世($\gamma\pi_5^{2(11)}$)	花岗斑岩(7)、黑云母花岗斑岩、中粒黑云钾长花岗岩	107	158	161	112	1380	1340	147	180	64.43	2.110	2.72	26.7

注: ΣREE_2O_3 含量据化学分析结果, 测定单位: 辽宁省地质实验研究中心; 其余元素含量据电子探针分析结果, 测定者: 湖南省地质矿产局岩矿测试中心刘振云、盛兴士, 仪器: 日本岛津EMX-SM7型, 分析精度: 万分之一。

以看出,随着岩浆演化,酸、碱度不断增高,花岗岩由早侵入期次到晚侵入期次,锆石的含Hf量依次递增,而Zr/Hf比值则十分清楚地显示依次递减这一演化规律^[3]。

2. 稀土元素的演化 区内花岗岩中锆石的稀土含量变化同Hf相类似,随着岩石酸、碱度的增高,岩体由早侵入期次到晚侵入期次,锆石的稀土元素含量同样具有依次增高的演化趋势(图2)。其中晚侏罗世细粒花岗岩和早白垩世花岗斑岩中锆石的稀土元素含量增长幅度较大,这表明,当岩浆演化到后期,熔体中的稀土元素含量有很大浓集。

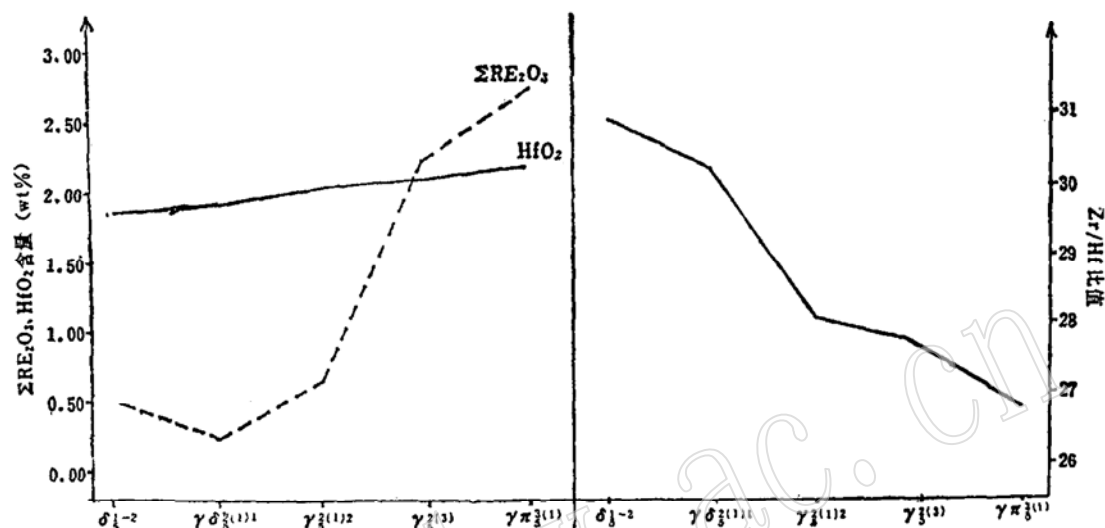


图2 锆石REE、Hf含量及Zr/Hf演化图

Fig. 2 Evolution of REE, Hf and Zr/Hf in zircons

3. 放射性元素的演变 从图3可见,随着岩浆的不断演化,岩石酸、碱度的增高,不同侵入期次花岗岩中锆石的Th、U等放射性元素的含量变化特征是,从早侵入期次的闪长岩、花岗闪长岩中锆石Th (255ppm)、U (176ppm) 含量相对较低,到晚侵入期次花岗斑岩中锆石Th (1380ppm)、U (1340ppm) 含量较高,显示出明显增高的演化趋势^[4]。

4. 成矿元素的演变 锆石中成矿元素Mo的含量,从 δ_3^{-2} 的80ppm (7次平均)到 $\gamma_3^{(3)}$ 的167ppm (15次平均)依次增高, $\gamma\pi_3^{(1)}$ 中锆石含Mo量稍有下降 (107ppm),显示区内 $\gamma_3^{(3)}$ 侵入体中锆石富Mo的特点(图3)。锆石中Pb、Zn、Cu元素的含量,以 $\gamma\delta_3^{(1)1}$ 含Zn (378ppm)、 $\gamma_3^{(1)2}$ 含Cu (320ppm)、 $\gamma\pi_3^{(1)}$ 含Pb (158ppm)相对较高(图3)。

5. 不同世代锆石微量元素含量变化特征 辽西地区,属于晚期侵入的花岗岩($\gamma_3^{(3)}$ 、 $\gamma\pi_3^{(1)}$)中锆石通常可分二个生成世代。不同世代锆石,其微量元素特征有显著差别,晚世代锆石与早世代相比较,Mo、Pb、Zn、Th、U、

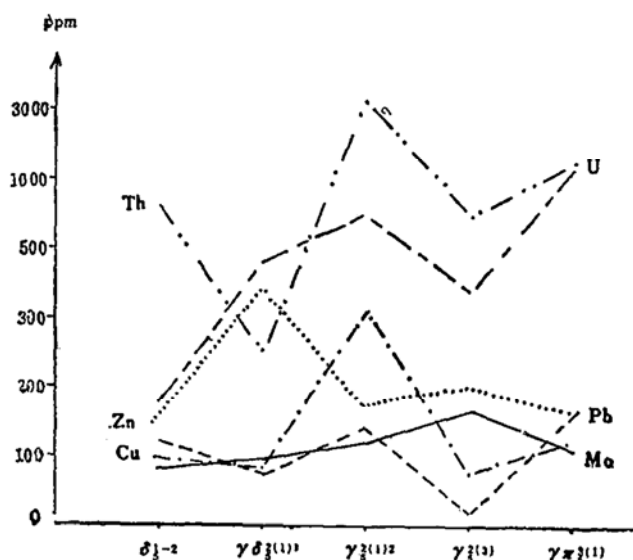


图3 各期次花岗岩锆石微量元素含量演化图

Fig. 3 Contents of trace elements in zircons from granites of different stages

Nb、Ta、 Σ REE、Hf、等微量元素的含量普遍较高,由于这些成矿元素、稀有稀土元素、放射性元素的类质同象替代结果,造成晚世代锆石中的Zr明显亏损(表3)。

对于 $\gamma_2^{(3)}$ 来说,晚世代的棕褐色、棕红色锆石最突出的特点是富Th、U等放射性元素,含Th量通常大于10000ppm,最高者可达71779ppm(属于富Th的变种锆石),含U量通常近10000ppm;这种锆石的另一特点是含Hf相对较高,Zr/Hf比值较早世代锆石明显偏低(17.3—25.2)。 $\gamma_2^{(1)}$ 中晚世代锆石,除富Th、U,Zr/Hf比值低之外,与早世代锆石相比还富含Nb、Ta,其含量相应分别为916ppm、1220ppm。

这种晚世代锆石比早世代锆石更富含稀土、稀有、放射性元素的特征表明,同一侵入期次岩浆在晶结分异过程中,于中、晚期Mo、Pb、Zn、Th、U、Nb、Ta、 Σ REE、Hf等元素得到相对浓集^[5]。

三、成岩成矿方面的标志

在岩浆演化过程中,某些微量元素作有规律的变化。对于同源不同期的岩体,随着岩浆的不断演化,副矿物中微量元素既表现出继承性,又反映其发展的特点。矿物中微量元素的赋存形式和含量变化又与元素的地球化学特征有关,当矿物中微量元素含量大于矿物晶格中可允许的含量时,可以形成独立矿物,在良好的地质作用下,微量元素被溶液携带可以形成金属元素的富集。作为岩体中的一种主要副矿物的锆石,所含微量元素特点与熔体成分、浓度、介质性质、尤其与酸碱度,以及形成环境密切相关。因此锆石中的微量元素变化能灵敏反映成岩时的地球化学条件和岩体特征,其矿物地球化学特征能为解决岩石成因和岩体含矿性等实际地质问题提供依据和标志。

1. 岩体含矿性标志 含矿岩体的锆石中通常成矿元素Mo得到显著富集,如含钼细粒花岗岩中锆石含Mo可高达1047ppm(下兰家沟钼矿),明显高于其它非含矿岩体中锆石的含Mo量(0—200ppm);含钼花岗斑岩中锆石平均含Mo为180ppm(松北、新台门等钼矿),也明显高于非含矿岩体中锆石。

含矿岩体中锆石微量元素的另一特点是相对富稀土、放射性元素。含矿细粒花岗岩锆石中, Σ RE₂O₃ 2.59%、Th 2188ppm、U 2627ppm(下兰家沟钼矿),而非含矿岩体锆石中这些元素的含量一般均相应偏低,如任虎山细粒黑云母花岗岩中锆石含 Σ RE₂O₃ 1.32%、Th 79ppm、不含U;含矿花岗斑岩锆石中这些元素的含量较含矿细粒花岗岩锆石相应偏低,分别为: Σ RE₂O₃ 0.82%、Th 1608ppm、U 256ppm(松北钼矿),但与非含矿花岗斑岩锆石相比,这些元素仍明显偏高。

含矿岩体锆石富Mo、 Σ REE、Th、U的微量元素特征,尤其是富成矿元素Mo的特征,可作为辽西地区中生代酸性花岗岩体含矿(Mo)性的一种矿物地球化学标志,在普查找矿(Mo)上具一定指示意义。

2. 花岗岩类岩石成因类型标志 锆石的某些微量元素特征能为花岗岩类岩石成因类型的划分提供信息。区内中生代花岗岩中锆石的Zr/Hf比值为24.1(60次平均);通常Th>U、Th/U比值为5.2(28次平均)。锆石的上述微量元素特征,同华南花岗岩成岩成矿系列II(以

地幔或地壳下部为主要物源)^①的锆石相类似,可以与同熔型花岗岩相对比,显示出物源来自上地幔和下部地壳岩石熔融所形成的岩浆上侵造成的同熔型花岗岩类的某些特点。

四、结 论

1. 区内中生代花岗岩中锆石的矿物地球化学特征同它的理论成分相比较,具有富含 ΣREE ,富成矿元素Mo, Zr/Hf 比值低, Zr亏损的特点。

2. 大量分析数据表明,随着岩浆不断演化,熔浆酸碱度的增高,岩体由早侵入期次到晚侵入期次,锆石具有Hf、 ΣREE 、U、Th含量递增, Zr/Hf 比值递减的演化趋势;对于同一侵入期次的不同世代锆石,其微量元素特征有显著差别,往往晚世代锆石较早世代更富含成矿元素和稀土、放射性元素。

3. 锆石中微量元素的含量,可以作为岩体含矿性的一种判别标志:锆石中成矿元素Mo的浓集,并伴随有钼、稀土、放射性元素含量的相对增高,可视为区内中生代酸性花岗岩体潜在成矿(Mo)的一种重要标志。

4. 区内中生代花岗岩锆石的 Zr/Hf 比值为24.1、Th/U比值为5.2,这些地球化学特征资料,为区内花岗岩类岩石可能属同熔型的成因类型提供了某些依据。

参 考 文 献

- [1] К. А. Власов и др., 1964. Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Том 1 геохимия редких элементов, М. Изд. Наука.
- [2] А. В. Костерин и др., 1960. Об отношении Zr/Hf в циркониях некоторых изверженных пород Северного склона курамского хребта. Геохимия, №5.
- [3] 中国科学院贵阳地球化学研究所著, 1979, 华南花岗岩类的地球化学, 科学出版社, 第147—152页。
- [4] 南京大学地质系著, 1981, 华南不同时代花岗岩类及其与成矿关系, 科学出版社, 第189—193页。
- [5] 南京大学地质系编, 1979, 地球化学, 科学出版社, 第238—243页。

Mineralogical-Geochemical Evolutionary Characteristics of Zircons from Mesozoic Granites in Western Liaoning and Their Geological Significance

Liu Chenglong

(Geological Experimental and Research Center of Liaoning
Province, Shenyang)

Key words: Mesozoic; granite; zircon; mineralogy-geochemistry; Liaoning province

Abstract

^① 据张绍立等, 1983, 华南花岗岩类二个成岩成矿系列的副矿物特征, 矿物岩石地球化学通讯, 第3期, 第27—30页。

Zircons from Mesozoic granites of this area are rich in ΣREE , Mo, poor in Zr/Hf, and deficient in Zr. With the evolution of magma and the development of the rock body from early intrusive stage to late stage, the zircons show obvious regularity of gradual increase in Hf, ΣREE , U and decrease in Zr/Hf. Zircons of different generations have remarkably different contents of trace elements, with those of late generations being richer in metallogenic element (Mo), rare earth elements and radioactive elements.

The study of trace elements in zircons may provide information for ore potentiality of intrusive bodies. The relative increase in Hf, ΣREE , Th, U might be regarded as an important indicator for potential Mo mineralization of the rock body. Such mineralogical-geochemical information as $\text{Zr}/\text{Hf}=24.1$ and $\text{Th}/\text{U}=5.2$ for zircons from Mesozoic granites lays the foundation for the genetic classification of granites in the area and the determination of genetic types for syntectonic granites.