

某产铀岩体锆石的标型 特征及其地质意义

雷雪英 张存德 李俊华

(核工业总公司西北地勘局二〇三研究所)

主题词: 锆石; 矿物标型; 铀矿化花岗岩

提 要: 某岩体为一产铀的加里东期复式岩体。本文研究了该岩体中副矿物锆石的形态、包体和环带及其延长度、粒度的变化, 将其与围岩中副矿物锆石进行对比并结合岩体中锆石的稀土元素地球化学特点, 表明该岩体是区域上的沉积变质岩重熔交代的产物。笔者还从岩体中锆石的含铀性, ZrO_2/HfO_2 值与岩石中 Na_2O 的关系探讨了成矿中铀和钠的来源, 并从副矿物锆石的标型方面提出了产铀岩体的评价标志。

J岩体位于西北L拱断带中东段。出露面积约 $146km^2$ 。区内广泛分布着中下元古代的混合岩、片麻岩、千枚岩和大理岩等一套变质岩。产铀之加里东期J岩体 K-Ar 等时年龄值为 $450.9Ma$, Rb-Sr 等时年龄值为 $433.8 \pm 19.2Ma$ 。其岩性主要为灰白色中粗粒黑云母闪长花岗岩、肉红色(钾长石化引起)斑状黑云母花岗岩及少量的闪长岩和碱性岩。灰白色中粗粒黑云母闪长花岗岩主要造岩矿物为斜长石、钾长石、石英和黑云母, 主要副矿物为磁铁矿、

榴石、磷灰石和少量锆石。肉红色斑状黑云母花岗岩主要造岩矿物为钾长石、斜长石、石英和黑云母，主要副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石和榴石。岩体具有一定的岩浆分异，演化顺序：闪长岩—闪长花岗岩—黑云母花岗岩—碱性岩。

一、锆石的物理特征

岩石中锆石的结晶习性、长宽比值、滚圆度、包体及微量元素等特征是反映岩石成因的重要信息。

1. 锆石的颜色及结晶形态

锆石的颜色为浅玫瑰色、浅褐色，透明至半透明，玻璃光泽。矿化岩石中，锆石有明显的碎裂现象，有不同程度的熔蚀、退色及油化现象，并可见被后期热液溶蚀的糖粒状锆石。

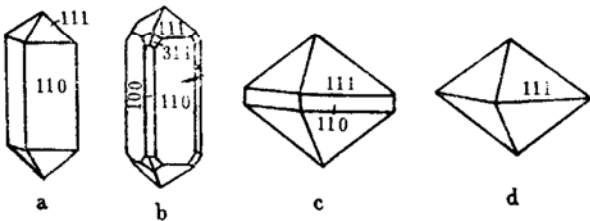


图 1 锆石的结晶形态
Fig.1 Crystal form of zircon

锆石的结晶形态总的来说较简单，主要单形有{111}、{110}、{100}和{311}。晶体形态由这些单形发育程度不等而组成不同的聚形。黑云母花岗岩中锆石的柱面{110}发育，和{111}、{100}、{311}组成长柱状晶体。如图1-a、b。碱性岩中柱面消失或不发育，由{111}或{111}和{110}组成短柱状和正方双锥晶体，如图1-c、d。

2. 锆石的包体和环带特征

J岩体锆石中的包体和环带有如下现象：(1) 包有磨圆、半磨圆锆石；(2) 包有结晶完好的锆石内核，有些局部具熔蚀现象；(3) 锆石呈现褐色、黄白色色调环带现象。

笔者对J岩体、围岩中锆石的形态作了仔细的观察。围岩中的锆石形态多数呈浑圆、半浑圆状，如图2-a、b，表面具毛玻璃状，这无疑是沉积岩的特点。在变质作用（区域变质等）和热液作用的影响下，重新结晶的锆石将未被熔化残留的浑圆、半浑圆状锆石包裹，如图2-c。在J岩体中也见有较多浑圆、半浑圆状锆石内核，可能是地壳岩石重熔时少数未被熔化的残留锆石被新生锆石包裹所致。此种锆石为变质作用和重熔交代作用之产物。这是第一种现象。第二种现象是在岩浆结晶过程中，先结晶的锆石被后结晶的锆石包裹（见图2-d），有些锆石在熔蚀中被后结晶的锆石包裹（图2-e）。从锆石被熔蚀、包裹现象可以看出，锆石的结晶随着岩浆分异演化阶段的不同，先结晶的锆石被后结晶的锆石熔蚀并包裹，从而出现了被熔蚀、被包裹的现象。第三种现象反映晶体生长过程中不同阶段介质性质的变化和不同成分加入的特点（如图2-f）。

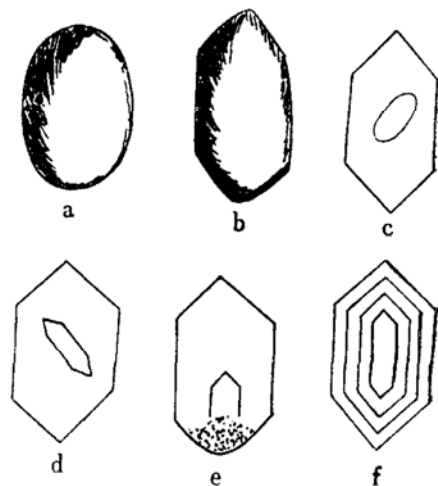


图 2 锆石的包体和环带特征
Fig.2 Characteristics of inclusions and girdle bands in zircon

3. 锆石的延长度（长宽比值）、粒度（长度）变化

特征

(1) 围岩(变质岩)中锆石的延长度、粒度变化特征(图3、4) 从混合花岗岩到片岩, 其中锆石的延长度、粒度均为左不对称的单峰曲线。它们的延长度均为1—2, 占80—90%, 粒度为0.15—0.05mm, 形态多数呈毛玻璃状的浑圆、半浑圆状。从围岩中锆石的延长度、粒度、形态之特点证明是沉积的, 按粒度的大小相当于粉砂岩。从而也就证明了被研

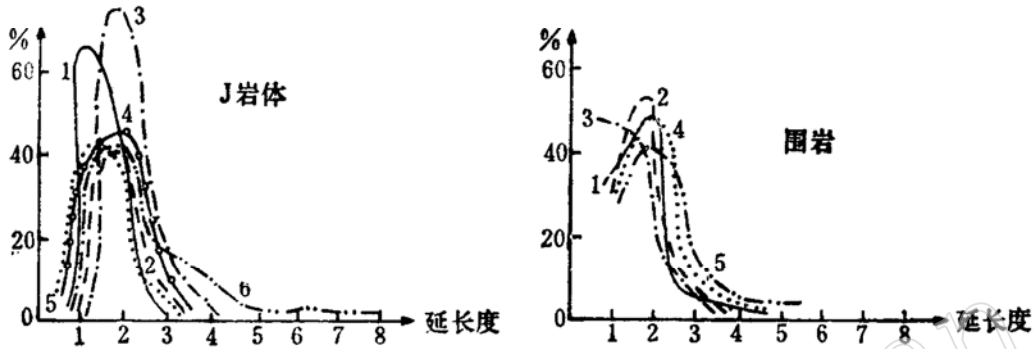


图3 锆石延长度变化曲线图

Fig.3 Variation in elongation index of zircon

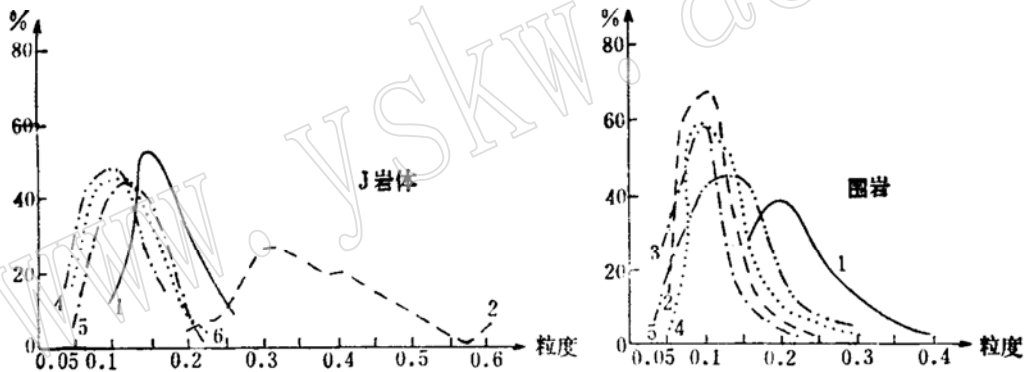


图4 锆石粒度频率曲线图

Fig.4 Frequency curve of grain sizes of zircon

J岩体: 1—钠长岩; 2—正长岩; 3—肉红色斑状黑云母花岗岩; 4—钠交代黑云母花岗岩; 5—铀矿石; 6—闪长岩
围岩: 1—混合花岗岩; 2—混合岩; 3—角闪斜长片岩; 4—片麻岩; 5—石英片岩

究对象(变质岩)的原始成因。“颗粒的浑圆外形可以由两种形式产生: a. 搬运过程中的磨损; b. 变质作用中的熔蚀。然而, 在后一种情况下, 颗粒表面应当是平滑如镜的。其次岩浆岩中的锆石, 具有明显的结晶形态和延长度大于3”^[1]。很显然, 围岩中所见之锆石特征为第一种方式所产生。

(2) 岩体中锆石的延长度、粒度变化特征(图3、4) 随着岩浆分异的由早到晚(闪长岩—黑云母花岗岩—碱性岩) 锆石的延长度由大到小, 粒度由小到大。闪长岩和黑云母花岗岩中延长度均为1—2, 占60—80%, 粒度在0.15—0.05mm。碱性岩中锆石延长度较前二者小, 为1—1.5, 占77%, 粒度较前二者大, 为0.45—0.3mm, 个别可达0.6mm。铀矿石中锆石延长度为1—1.5, 占76%, 粒度在0.15—0.05mm。延长度、粒度的频率曲线均表现为左不对称的单峰曲线。

从上述特征看出,岩体和围岩中的锆石具有基本一致的特征,即频率曲线图均表现为左不对称的单峰曲线,延长度为1—2,占60%—90%,粒度为0.15—0.05mm,表明岩体中锆石具继承性。另外岩体中见有似层状、片麻状构造及较大的变质岩残留体,残留体长轴方向与变质岩走向一致。因此可以推测,J岩体原岩应为沉积变质岩。

二、稀土元素特征

1. 锆石稀土模式及参数

J岩体的南带和北带岩石在造岩矿物、副矿物等方面均有差异。南带岩石暗色矿物以黑云母为主,副矿物以赤铁矿、榍石、锆石、磷灰石为主。北带岩石暗色矿物以角闪石为主,副矿物以磁铁矿、榍石、磷灰石、锆石为主。从表1看出,南带和北带岩石中锆石稀土元素含量也有所不同,南带花岗岩中锆石的 ΣREE 、 ΣHREE 高于北带, ΣLREE 低于北带。南带平均 ΣREE 为3563.51ppm, ΣHREE 为2711.12ppm, ΣLREE 为852.31ppm。北带平均 ΣREE 为3246.95ppm, ΣHREE 为1435.29ppm, ΣLREE 为1811.66ppm。显示南带相对富HREE,北带相对富LREE。

从锆石的稀土模式图5可看出J岩体北带和南带有明显的不同。北带显示出两边对称的曲线,平均 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 比值为1.4, δEu 变化于0.87—0.80,具弱铈负异常。南带曲线表现为一

表1 锆石稀土元素含量(ppm)
Table 1 REE contents of zircon (in ppm)

元素	岩石名称						
	碱性岩 ^①	肉红色似斑状黑云母花岗岩 ^①	闪长岩 ^②	灰白色中粗粒黑云母闪长花岗岩 ^②	肉红色斑状黑云母花岗岩 ^②	钠交代黑云母花岗岩 ^②	铀矿石 ^②
样品(个)	3	2	2	1	3	1	1
La*	287.28	396.90	45.35	40.80	177.66	186.15	102.06
Ce	661.53	910.07	205.30	202.50	496.45	502.05	240.95
Pr*	81.51	114.00	21.61	21.95	75.77	66.64	29.65
Nd	373.14	528.26	84.50	82.56	413.91	342.52	135.45
Sm	83.20	128.14	21.59	20.64	144.45	149.50	46.00
Eu	19.29	34.00	9.86	11.01	41.25	45.24	8.30
Gd	60.05	107.84	36.72	25.23	241.67	331.47	50.37
Tb*	11.01	20.64	9.00	9.62	58.46	345.98	15.17
Dy	70.52	138.05	73.04	95.70	471.00	452.05	137.72
Ho*	23.69	44.69	27.78	37.56	137.76	135.42	59.55
Er	89.96	166.39	111.75	153.12	483.23	482.15	251.95
Tm	21.76	38.17	24.74	30.06	86.16	76.46	61.05
Yb	193.16	331.19	210.94	239.36	642.73	518.23	543.66
Lu*	43.34	71.60	47.21	46.44	113.00	83.21	123.07
Y	481.19	957.36	744.58	1106.00	1734.02	1422.95	1281.06
ΣLREE	1505.95	2117.37	388.20	379.46	1349.49	1292.10	562.41
ΣHREE	994.64	1875.93	1285.76	1743.09	3968.03	3847.92	2523.60
ΣREE	2500.59	3993.30	1673.96	2122.55	5317.52	5140.02	3086.01

* 内插值; +外推值; 分析方法: 等离子光谱(ICP-AES); 测试单位: 本所二室。

① 位于南岩带, ②位于北岩带。

致的向左倾斜,显示了强烈地重稀土(HREE)富集,轻稀土(LREE)相对贫化,平均 $\Sigma Ce/\Sigma Y$ 比值为0.29, δEu 变化于1.07—0.57, 铀异常显示出三种配分类型:(1)Eu富集型。灰白色中粗粒黑云母闪长花岗岩Eu处为一峰,呈现弱的铀正异常特点, δEu 大于1;(2)Eu平坦型。闪长岩为一条圆滑的曲线, Eu处无峰无谷, $\delta Eu = 1$;(3)Eu亏损型。肉红色斑状黑云母花岗岩, 钠交代黑云母花岗岩, 铀矿石处为一谷, 呈现铀负异常特点, $\delta Eu < 1$ 。

Sm/Nd比值, 北带平均为0.23, 南带平均为0.33。显示北带相对富LREE, 南带相对富HREE。

锆石的稀土元素配分模式及Sm/Nd比值反映J岩体南北有一定差异, 北带富LREE, 南带富HREE, 并具有一定的岩浆分异演化特点。

2. 锆石 $\Sigma La-Nd$ 、 $\Sigma Sm-Ho$ 、 $\Sigma Er-Lu$ 三角图

以 $\Sigma La-Nd$ 、 $\Sigma Sm-Ho$ 、 $\Sigma Er-Lu$ 作锆石的三角图(见图6), 投影点分别落在重熔(北带)和重熔交代(南带)花岗岩区内。涂光炽教授在地球化学^[2]一书中指出“重熔花岗岩富

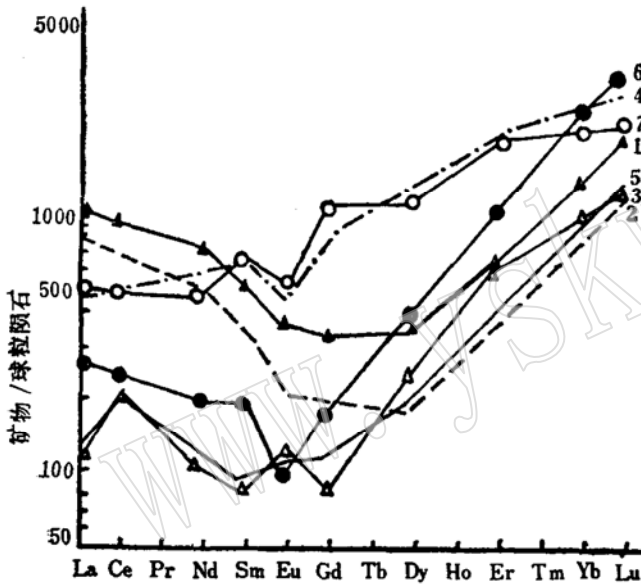


图5 锆石稀土元素模式图

Fig.5 Chondrite-normalized REE patterns of zircon

- 北带: 1—似斑状黑云母花岗岩; 2—碱性岩;
- 南带: 3—灰白色中粗粒黑云母闪长花岗岩;
- 4—肉红色斑状黑云母花岗岩;
- 5—闪长岩; 6—铀矿石;
- 7—钠交代黑云母花岗岩

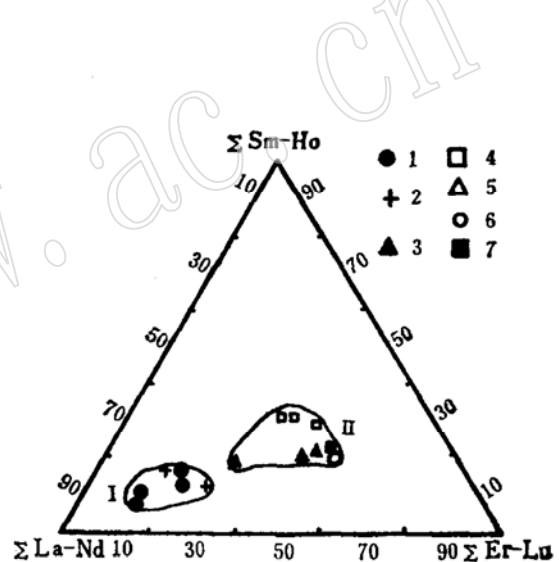


图6 锆石 $\Sigma La-Nd$ 、 $\Sigma Sm-Ho$ 、 $\Sigma Er-Lu$ 三角图

Fig.6 Schematic diagram showing $\Sigma Sm-Ho$, $\Sigma La-Nd$ and $\Sigma Er-Lu$ in zircon

- 注: I—重熔花岗岩区; II—重熔交代花岗岩区
- 北带: 1—碱性岩; 2—似斑状黑云母花岗岩;
 - 南带: 3—灰白色粗粒黑云母闪长花岗岩;
 - 4—肉红色斑状黑云母花岗岩;
 - 5—闪长岩; 6—铀矿石;
 - 7—钠交代黑云母花岗岩

集轻稀土, 原地交代花岗岩的所有副矿物均富集 $\Sigma Sm-Ho$ 和 $\Sigma Er-Lu$ ”。J岩体南带锆石的稀土介于上述二成因之间。据此认为J岩体与变质岩的重熔交代有关。

三、锆石的铀、钍、钆、钫含量及副矿物特征

1. 铀、钍、稀土元素含量及岩石中副矿物变化特征

由表2可知, 产铀岩体(J岩体)无论是岩石还是锆石中的铀含量均高于非产铀岩体(直

沟门、坡拉麻顶等岩体), Th/U值小于非产铀岩体。另外, 岩石中的铀与锆石中的铀呈正相关, 相关系数为0.91。可见J岩体是富铀的花岗岩体。

产铀岩体和非产铀岩体锆石的稀土和副矿物组合有较大的差异。产铀岩体中副矿物种类多, 总量高, 此外, 在矿化地段出现黄铁矿-碳氟磷灰石-锐钛矿-沥青铀矿热液型矿物组合, 黄铁矿结晶差, 含量高, 为1655.33g/t, 常与沥青铀矿共生, 锆石中稀土总量高, 富HREE, 在肉红色斑状黑云母花岗岩中锆石HREE高达3847.92ppm。非产铀岩体中副矿物种类少, 总量低。黄铁矿结晶好, 含量少, 为5.65g/t, 未见热液型矿物组合, 锆石中稀土总量低,

表2 产铀岩体与非产铀岩体锆石中稀土、铀、钍及副矿物特征

Table 2 Characteristics of REE, uranium and thorium in zircon and accessory minerals from uranium-producing and non-uranium productive intrusions

岩体	产铀岩体	非产铀岩体
副矿物种类、含量	副矿物种类多, 共34种。副矿物总量高, 平均10678 g/t。	副矿物种类少, 10—12种。副矿物总量偏低, 5440 g/t。
副矿物组合	热液型以黄铁矿为主的金属硫化物和以沥青铀矿为主的铀钍矿物及碳氟磷灰石、锐钛矿, 赤(褐)铁矿化发育。	未见类似副矿物组合, 赤(褐)铁矿化不发育。
稀土元素	平均 \sum REE3563.51ppm 平均 \sum HREE2711.20ppm	平均 \sum REE2881.12ppm 平均 \sum HRFE2198.09ppm
铀、钍	岩石中铀含量6.3—18.54ppm, Th/U0.82, 锆石中铀含量1733—2085.33ppm, Th/U1.33。	岩石中铀含量1—2.9ppm, Th/U6.4—11.89, 锆石中铀含量1031—867ppm, Th/U2.48—3.95。

相对贫HREE。因此, 锆石中HREE的富集及岩体中热液型矿物组合可为评价本区岩体产铀远景提供依据。

2. 锆、铪变化特征

锆石中的 ZrO_2/HfO_2 值随着岩石中 Na_2O 含量的增高而增高, 随着 Na_2O 含量降低而降低, 也就是说, Na_2O 含量越高, ZrO_2/HfO_2 值越大, 反之越小。产铀岩体黑云母花岗岩中 Na_2O 含量为5—6.36 (wt%, 下同) 非产铀岩体 Na_2O 含量为3—4, ZrO_2/HfO_2 值产铀岩体为62.14, 非产铀岩体为50.89。明显看出产铀岩体的 Na_2O 含量及 ZrO_2/HfO_2 值均高于非产铀岩体。另外, 笔者对J岩体中无钠质交代岩石和有钠质交代岩石进行了研究, 认为锆石中的 ZrO_2/HfO_2 值与成岩阶段岩石中的 Na_2O 含量有关, 与钠质交代岩中的 Na_2O 含量无关。在肉红色斑状黑云母花岗岩中 Na_2O 含量为5, 在钠交代黑云母花岗岩中, 由于后期的钠质溶液的交代, Na_2O 含量增大到8.5, 但二者 ZrO_2/HfO_2 值不变。说明后期热液中的钠对成岩阶段生成的锆石中的 ZrO_2/HfO_2 值无影响, 只有成岩时岩浆富钠才对锆石中的 ZrO_2/HfO_2 值有影响。由此可见, J岩体在成岩时的原始岩浆本身就是富钠的。

因此, 对锆石中的包体、延长度、稀土、含铀性及 ZrO_2/HfO_2 的研究, 可为岩石成因、物质来源及评价岩体产铀远景提供依据。

通过对锆石几方面的研究,得出了岩体有如下特点:

1. 根据J岩体和变质岩锆石中包体及锆石长宽比值(小于2,占60—90%)、粒度(为0.15—0.05mm)的一致性, J岩体原岩为沉积变质岩。
2. 根据锆石的稀土元素特征, J岩体应为重熔交代花岗岩。
3. 通过对锆石的含铀性及 Na_2O 与 $\text{ZrO}_2/\text{HfO}_2$ 关系的研究,认为J岩体为富铀、富钠的岩体。即铀、钠来自于J花岗岩体本身。
4. 锆石中富铀、富HREE及岩石中具热液矿物组合,可为本区评价岩体产铀远景提供依据。

参 考 文 献

- 〔1〕 И.К.舒列什克(伍家善译),1975,变质岩的原岩识别及其恢复方法。国外地质资料选编21期(地质科学院情报所)。
- 〔2〕 涂光炽等,1982,地球化学(近代化学丛书)。上海科技出版社。
- 〔3〕 张绍立等,1985,用磷灰石中稀土元素判别花岗岩成岩成矿系列。地球化学,第1期,pp.45—56。
- 〔4〕 赵振华,1982,稀土元素地球化学研究方法。地质地球化学,第1期,pp.26—33。

Typomorphic Characteristics of Zircon from a Uranium-bearing Rock Body and Their Geological Significance

Lei Xueying Zhang Cunde Li Junhua

(No.203 Institute, Northwest Geological and Exploration Bureau, Nuclear Industry Corporation)

Key words: zircon; typomorphic characteristic of mineral; uranium
-mineralized granite

Abstract

The J rock body formed in Caledonian period mainly consist of greyish white medium-coarse grained biotite diorite granite and yellowish red porphyritic biotite granite. Through the study on inclusions, length/width ratio, grain size, rare earth, uranium and thorium of zircon and other accessory minerals, the authors consider that the original rocks of the J rock body are sedimentary metamorphic rocks.

The rich uranium, rich HREE in zircon and the hydrothermal type accessory mineral assemblage of the rock body provide basis for the evaluation of uranium potential in the studied area.