

Geochemical Characteristic of Trace Elements of Hengjian Uranium Deposit in Xiangshan, Jiangxi

Dehui Ren, Fei Xia, Jiayong Pan

East China Institute of Technology, Nanchang Jiangxi
Email: 458938030@qq.com

Received: Oct. 8th, 2015; accepted: Oct. 25th, 2015; published: Oct. 30th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Through the study of geochemical characteristic of Hengjian uranium deposits, it was found that the hosting rock (granite porphyry) is of quasi aluminium to peraluminous which is high in Si and alkali and low in magnesium. The deposit has a variety of alterations, including hydromicazation, albitization, chloritization, fluoritization, pyritization, and silicification. W, Mo, Pb can be used as indicators for searching uranium mineralization. According to the distribution pattern of REE, LREE is rich and HREE is relatively inadequate. Earth elements have inheritance and homology, and alteration effect has little impact on the distribution patterns of rare earth elements.

Keywords

Hengjian Uranium Deposit, Geochemical Characteristic, Wall Rock Alteration

相山横涧铀矿床元素地球化学特征

任德辉, 夏菲, 潘家永

东华理工大学, 江西 南昌
Email: 458938030@qq.com

收稿日期: 2015年10月8日; 录用日期: 2015年10月25日; 发布日期: 2015年10月30日

摘要

本文通过对横涧铀矿床的地球化学研究,表明该矿床的赋矿围岩(花岗斑岩)的岩石地球化学特征具有高硅、富碱、低镁和准铝质-过铝质的岩石特征。矿床具有明显的蚀变分带特征,可以分为5个带。W、Mo、Pb可以作为寻找铀矿化的指示元素,稀土元素配分模式图表明近矿蚀变和矿石的轻稀土元素相对富集,重稀土元素相对亏损,表明近矿蚀变和矿石稀土元素具有继承性和同源性,同时说明蚀变作用对稀土元素分布模式的影响很小。

关键词

横涧铀矿床, 地球化学特征, 围岩蚀变

1. 引言

横涧铀矿床是20世纪60年代勘探提交的铀矿床,矿山于1966年投入生产,目前该矿后备资源出现严重危机,但矿床深部及外围仍有较大找矿潜力。近60年来,前人开展了卓有成效的研究工作,先后提出“次火山岩型铀矿”和“斑岩型铀矿”等矿床成因认识,认为矿化与花岗斑岩关系密切,受斑岩体的内外接触带的裂隙控制,总结出“盲岩体、盲构造、盲矿体”的三盲找矿模式[1]。对于横涧铀矿床的围岩蚀变,很多学者进行了大量的研究,但由于热液蚀变的多期、多阶段性,很多认识需要进一步深入研究,本文选取相山矿田北部的横涧铀矿床为研究对象,通过显微镜下薄片鉴定和岩石地球化学方法,对矿床的地球化学特征进行研究。

2. 矿床地质特征

2.1. 区域地质背景

相山铀矿田位于扬子板块、华夏地块、湘桂赣地块结合部位的南西侧。区域上受NE向遂川-德兴深断裂与NNE向鹰潭-安远断裂交汇控制(图1)。处在NE向赣杭火山岩成矿带与NNE向大王山-于山花岗岩成矿带交汇部位的相山大型塌陷式火山盆地,属与酸性、中酸性、中浅成火山岩浆活动有关的中低温热液铀矿床。

相山火山盆地总体上分为三层结构:基底主要为震旦系浅变质碎屑岩系;盖层主要由下白垩统打鼓顶组(K1d)和鹅湖岭组(K1e)火山-沉积岩系组成;在盆地北西侧火山岩之上有上白垩统的红层覆盖,盆地内部及其东部、北部外缘还发育有燕山期花岗斑岩和黑云母二长花岗岩[2]。

矿田内最主要的成矿构造是密集裂隙带,在火山塌陷过程中形成一系列弧形和放射状构造,它们与区域性构造共同控制稍晚的次火山岩(花岗斑岩)(图2)的产出,同时也控制了铀矿床的展布[3],而横涧铀矿床产在相山矿田北部。

2.2. 矿化特征

横涧铀矿床产于相山火山塌陷盆地北部边缘的环状断裂和滑覆体与NNE向陡倾断裂联合控制的次火山岩内外接触带。滑覆体由震旦系变质岩和部分上侏罗统下部火山岩组成。在滑覆体范围内,到目前为止发现了10个大、中、小型与花岗斑岩相关的铀矿床。横涧铀矿床是其中一个大型的铀矿床(图2)。

横涧铀矿床位于上述滑覆体的西南端,产铀花岗斑岩体NNE向的断裂侵入,并部分向东潜入到滑覆面以下,岩体南北两端出现向东弯曲的弧形(图3)。成群的脉状铀矿体主要分布在花岗斑岩东侧弧形的内外接触带。

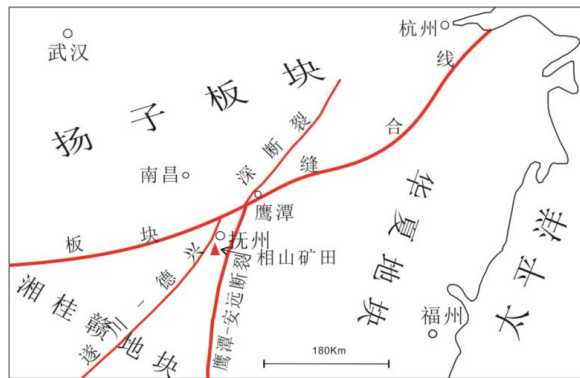
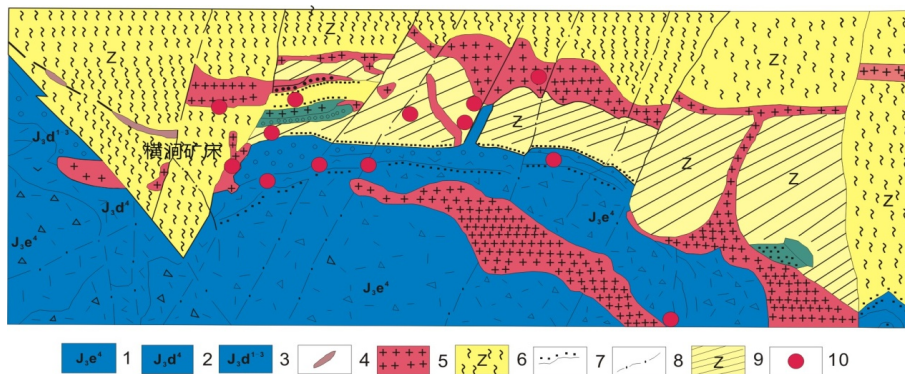


Figure 1. Tectonic locations of Xiangshan uranium orefield
图 1. 相山铀矿田大地构造位置图



1-上侏罗统鹅湖岭组第四段碎斑流纹岩; 2-上侏罗统打鼓顶组第四段流纹英安岩; 3-上侏罗统打鼓顶组第一至第三段砂砾岩、砂岩夹流纹质凝灰岩; 4-英安玢岩脉; 5-花岗斑岩; 6-震旦系石英云母片岩、千枚岩; 7-喷发不整合界线; 8-陡倾断裂; 9-震旦系变质岩滑覆体; 10-铀矿床

Figure 2. Schematic geological map of the north ore belt in Xiangshan uranium orefield
图 2. 相山盆地北部矿带地质略图

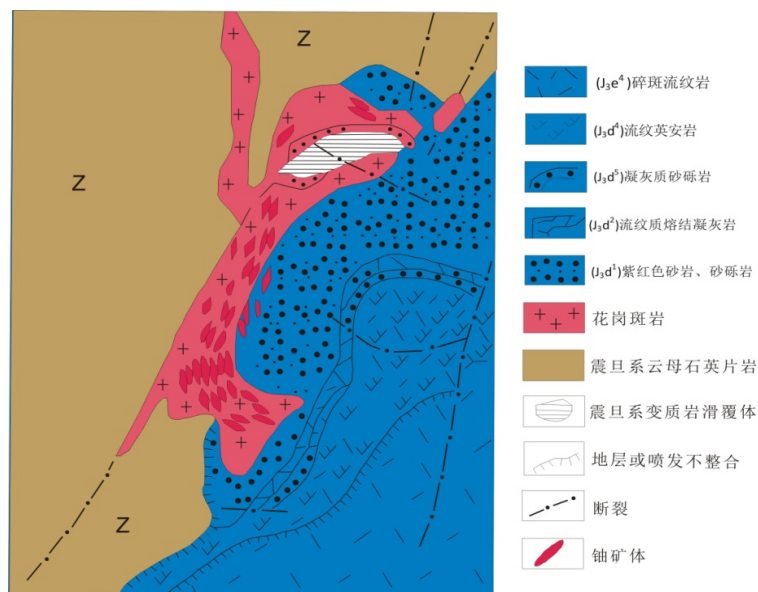


Figure 3. Schematic geological map of Hengjian uranium deposit
图 3. 横涧矿床示意图

矿床内出露震旦系变质岩系及上侏罗统打鼓顶组和鹅湖岭组火山杂岩, 见图 3。

(1) 震旦系变质岩(Z): 主要分布在矿床西部和北部。北部震旦系呈推覆体覆盖在打鼓顶组砂岩之上。岩性主要是绢云母石英片岩。

(2) 花岗斑岩: 主要沿北东向裴家 - 瑞坑逆断层及南部的北西向逆断层侵入, 形成了一向南西突出的陡立的弧形岩墙。花岗斑岩由钾长石、石英、少量黑云母组成。

2.3. 矿带、矿体特征

横涧矿床铀矿带及矿体主要赋存在花岗斑岩内, 其次赋存在花岗斑岩岩墙与其东部中生界侏罗系下统打鼓顶组下部(J3d1)粉砂岩及其西部震旦系(Z)片岩接触带附近, 而以东部与 J3d1 粉砂岩接触带附近的矿化较为富集(图 4)。

产于花岗斑岩中的矿体, 沿走向分布与岩墙走向基本一致, 倾向大部分相反, 倾角 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。但在花岗斑岩岩墙东南部, 矿体倾向与岩墙基本一致(图 4)。矿化幅度宽, 连续性好。矿体呈脉状、透镜状, 规模较大。

2.4. 矿石特征

横涧铀矿床的围岩蚀变发育显著, 对矿床的形成具有重要的影响, 根据矿物的共生组合, 本矿床原生矿石类型可划分为铀 - 赤铁矿 - 绿泥石型和铀 - 萤石 - 水云母型(图 5)。

1) 铀 - 赤铁矿 - 绿泥石型主要分布在北部蚀变粉砂岩中。矿石为角砾状构造, 铀矿物主要存在于胶结物中, 少量充填在赤铁矿化角砾里。铀主要为胶状的沥青铀矿, 呈细小点状和发丝状, 并且常与绿泥石紧密共生。此外, 还有萤石、水云母、磷灰石及黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、辉铜矿、红镍矿等硫化物。

2) 铀 - 萤石 - 水云母型: 在各种岩性中均有分布, 是本矿床的主要工业矿石类型。矿石为浸染状、巢状, 具残斑交代构造。沥青铀矿呈斑点状、发丝状、肾状及半圆形胶状体。与沥青铀矿共生的矿物有

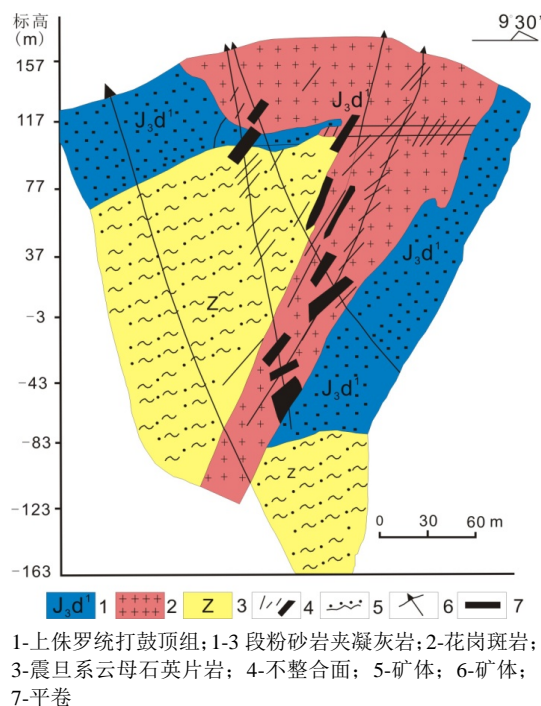


Figure 4. Geological section of line NO.9-39 of Heng-jian uranium deposit

图 4. 横涧矿床 9~39 号剖面图

萤石、水云母；另有绿泥石、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿及辉铂矿等。

2.5. 围岩蚀变特征

2.5.1. 蚀变类型

横涧矿床矿前期热液蚀变以水云母化、钠长石化为主，伴随有碳酸盐化和绿泥石化(图6 SN09-28、SN09-32)。

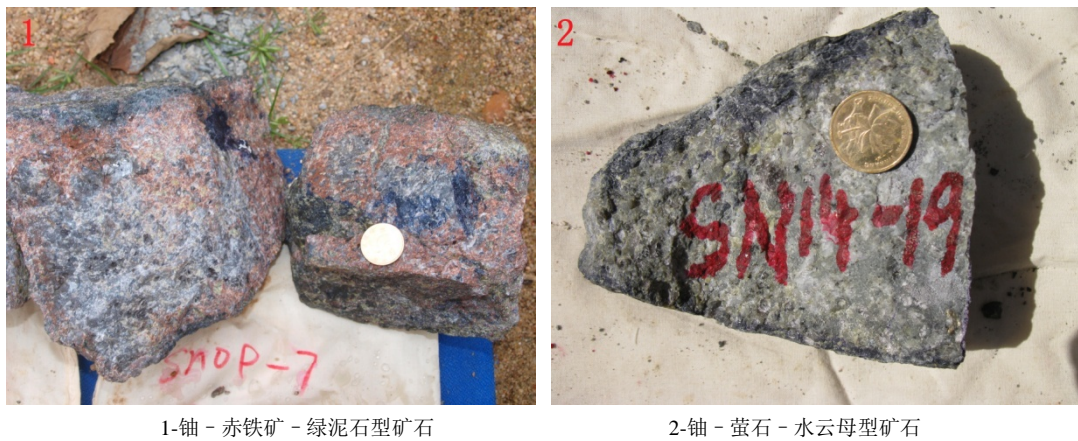


Figure 5. Hand samples of different ore types in Hengjian uranium deposit
图5. 横涧铀矿床不同矿石类型手标本

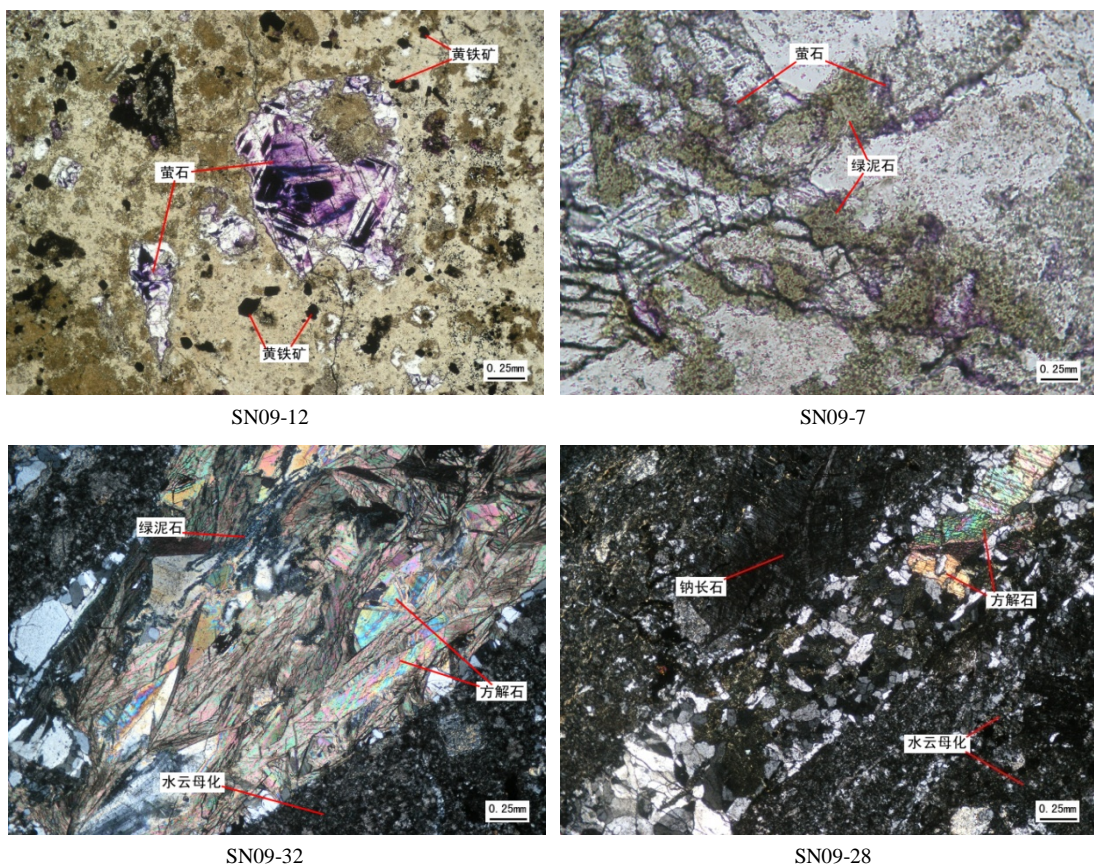


Figure 6. The microscopic photos of different alteration of surrounding rock in Hengjian uranium deposit
图6. 横涧铀矿床不同蚀变围岩镜下照片

水云母化表现为紫红色粉砂岩的褪色蚀变。钠长石化主要发育在花岗斑岩中，交代长石斑晶。成矿期早阶段的热液蚀变以钠长石化、赤铁矿化为主，发生在各类近矿岩石中，以花岗斑岩中最为发育，常形成低品位的红化矿石；成矿期晚阶段的热液蚀变以水云母化为主，伴随有绿泥石化、萤石化、碳酸盐化等(图6 SN09-7、SN09-12)，形成相对较富的铀矿石。早阶段形成的红化矿石，常呈角砾状，被晚阶段形成的水云母、绿泥石、方解石、萤石及硫化物所胶结或叠加，而形成富矿石。

2.5.2. 蚀变分带特征

根据以往研究成果和此次对岩性、蚀变矿物组合、交代强度等分析，将横涧矿床从矿体到围岩可分为5个带(图7)。

(1) 矿化中心带：即萤石-方解石-伊利石铀矿化带，主要发育萤石化、水云母化、碳酸盐化以及晚期的硅化。紫色萤石呈细脉状和团块状充填于碎裂岩中，含锰方解石和微晶石英脉也有充填，蚀变岩石斑晶除残留少量透长石外，其余基本被萤石-方解石交代，蚀变矿物主要为萤石、方解石、伊利石等，副矿物为钛的氧化物、磷灰石、辉钼矿、黄铁矿等。

(2) 矿旁蚀变带：又称红化蚀变带，强烈的红化使岩石呈深浅不同的红色，主要蚀变为赤铁矿化(红化)、水云母化、绿泥石化和硅化。伊利石强烈交代斜长石，但保留斜长石原始结构；绿泥石呈微脉状分布在矿物裂隙中；硅化向围岩逐渐减弱。主要蚀变矿物有赤铁矿、伊利石、绿泥石、石英等。

(3) 近矿蚀变带：绿泥石呈淡绿色球粒集合体或呈链珠状交代基质，伊利石多交代黑云母，所以该带绿泥石、伊利石含量增加，萤石含量显著较少，蚀变作用使岩石呈黄绿色，蚀变矿物主要有伊利石、绿泥石等。

(4) 远矿蚀变带：该带主要由钠长石化、水云母化组成，蚀变岩石呈灰色，故又称之为灰色蚀变带。水云母化呈面状分布，蚀变范围大，主要交代斜长石斑晶和基质；钠长石化沿碎裂岩裂隙分布发育，叠加在水云母化之上，主要交代钾长石斑晶，蚀变矿物组合为钠长石、伊利石等。

(5) 微弱蚀变带：主要为花岗斑岩和晶屑凝灰岩组成，花岗斑岩呈斑状结构，块状构造，主要矿物为石英和碱性长石；晶屑凝灰岩具晶屑-玻屑凝灰结构，主要矿物组成为石英、碱性长石及少量白云母、黑云母。由于受蚀变作用影响，该带上述岩石有微弱蚀变，表现为含有少量的蚀变矿物钠长石、伊利石和绿泥石等[4]。

综上所述，从矿化中心带到微弱蚀变带，蚀变的强度逐渐减弱，蚀变新生矿物种类也明显减少；靠近矿化中心的蚀变矿物主要是萤石、伊利石、方解石等酸性蚀变新生矿物，而远离矿化中心的蚀变矿物主要是绿泥石、钠长石等碱性蚀变新生矿物。在时间顺序上表现为先碱后酸的特征，说明横涧-岗上英铀

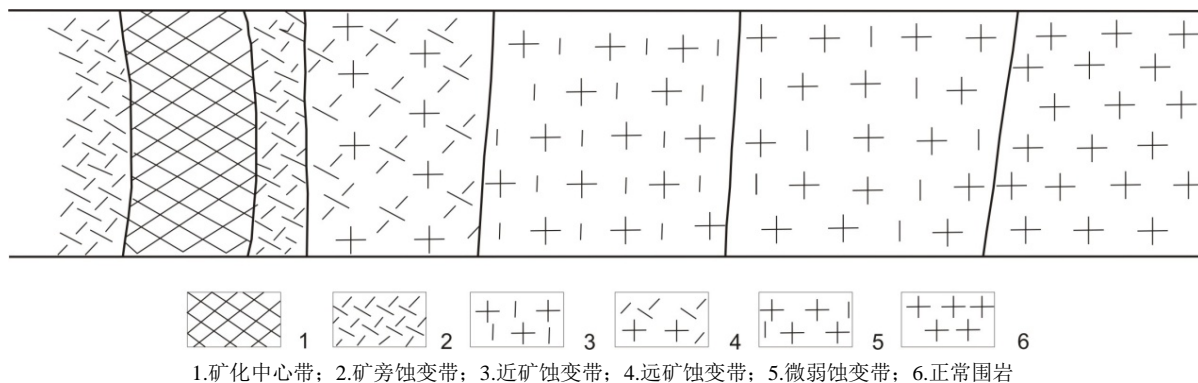


Figure 7. Alteration zone section in Hengjian uranium deposit

图7. 横涧铀矿床蚀变分带示意图

矿床至少经历了两次热液蚀变过程,同时,蚀变强度和蚀变带规模受围岩的碎裂程度和热液流体的性质控制[5]。

3. 元素地球化学特征

横涧铀矿床矿化主要产于花岗斑岩中,少数产在晶屑凝灰岩及基底变质岩中。本文系统采集了矿床不同标高(-43 m 往上 20 m、-83 m 往上 20 m、-83 m)的矿石和上下盘的近矿蚀变岩石,并对样品进行了详细的岩矿鉴定及电子探针分析,选取具有代表性的样品做了主量、微量、稀土元素化学分析。

电子探针分析在东华理工大学核资源与环境教育部重点实验室完成,仪器型号为 JXA-8100 电子探针;微量元素及稀土元素含量测定在核工业北京地质研究院分析测试完成,微量和稀土元素含量用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)方法进行测定,测试结果列于表 1。

3.1. 主量元素地球化学特征

横涧铀矿床是相山矿田众多与花岗斑岩有关的铀矿床的典型代表,其矿化主要赋存在燕山晚期的花岗斑岩体内,还有少量铀矿体赋存在岩体外接触带的晶屑凝灰岩和基底变质岩中。花岗斑岩具有典型的斑状结构、致密块状构造,斑晶含量约为 50%,主要为长石、石英和少量角闪石、黑云母等[6]。

根据主量元素分析数据结果(表 1),矿石和近矿蚀变中的 SiO_2 含量较高,42.63%~75.19%,平均值为 64.31%; Al_2O_3 为 10.11%~18.89%,平均值为 14.03%; CaO 为 0.46%~13.3%,平均值为 3.38%; MgO 为 0.21%~3.57%,平均值为 0.88%; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 为 3.16%~10.3%,平均值为 6.72%; 碱度率 AR 为 1.31~3.91,均值为 2.56。在 AR- SiO_2 图解中,样品落在碱性和钙碱性区域(图 8),可能岩浆经历了高度的演化分异过程。铝饱和指数 A/CNK 为 0.616~2.425,均值为 1.538; A/NK 为 1.42~3.21,均值为 2.25。在 A/NK-A/CNK 图中可以看出,样品主要落在过铝质和准铝质区域内(图 9)。以上分析表明,该区矿石和近矿蚀变具有高硅、富碱、低镁和准铝质-过铝质的岩石特征。

3.2. 微量元素地球化学特征

对矿床不同标高的矿石样品 SN14-10、SN14-15、SN14-19 及其近矿蚀变进行微量元素分析。由表 2

Table 1. Main elements composition of Hengjian uranium deposit

表 1. 横涧铀矿床样品主量元素分析结果表

位置	样品编号	样品属性	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	TiO_2	P_2O_5	FeO	烧失量	总量	AR	A/CNK	A/NK
矿区-43 m 中断往上 20 m	SN14-12	近矿蚀变	42.63	10.16	9.02	3.57	13.3	0.701	2.46	0.301	0.52	0.141	7.42	16.96	90.223	1.311	0.6157	3.214
	SN14-10	矿石	68.88	10.11	7.81	0.689	2.4	2.18	1.76	0.031	0.61	0.282	1.24	5.1	101.09	1.919	1.5946	2.566
	SN14-11	近矿蚀变	59.72	18.04	6.55	1.37	1.66	1.22	4.56	0.058	0.83	0.296	1.88	5.53	101.71	1.83	2.4247	3.121
矿区-83 m 中断往上 20 m	SN14-13	近矿蚀变	61.09	14.63	5.24	0.212	2.76	0.618	9.69	0.015	0.57	1.96	0.73	3.01	97.515	3.911	1.1195	1.419
	SN14-15	矿石	58.48	18.89	5.96	0.508	1.08	0.758	8.92	0.022	0.6	0.661	0.84	3.93	100.65	2.881	1.7559	1.952
	SN14-17	近矿蚀变	70.85	15.05	3.45	0.593	0.58	0.333	6.03	0.045	0.43	0.169	1.42	2.33	98.95	2.373	2.1677	2.365
矿区-83 m 中断	SN14-20	近矿蚀变	75.19	12.94	2.46	0.24	0.46	2.45	5.29	0.045	0.09	0.04	2.14	0.64	101.3	3.736	1.5784	1.672
	SN14-19	矿石	67.11	13.36	2.06	0.435	7.26	0.754	5.33	0.045	0.1	0.312	1.56	3.02	98.32	1.837	1.0012	2.196
	SN14-21	近矿蚀变	74.86	13.06	2.29	0.267	0.85	2.49	4.91	0.041	0.08	0.07	2.05	0.91	101	3.273	1.583	1.765
	均值		64.312	14.027	4.982	0.876	3.38	1.278	5.44	0.067	0.43	0.437	2.14	4.603	98.975	2.564	1.5379	2.252

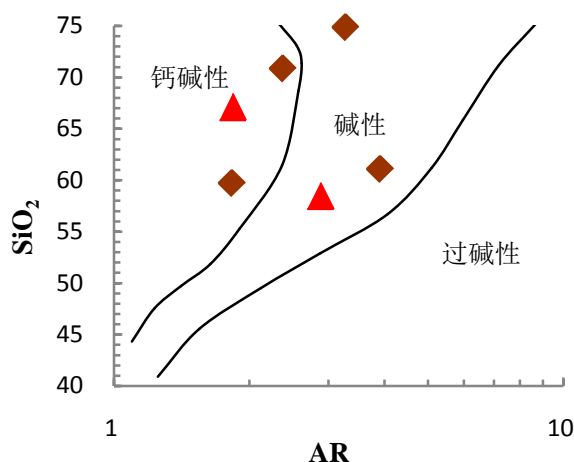


Figure 8. AR-SiO₂ diagram for the alteration rock and ore in Hengjian uranium deposit

图 8. 横涧铀矿床矿石与近矿蚀变 AR-SiO₂ (碱度率)图解

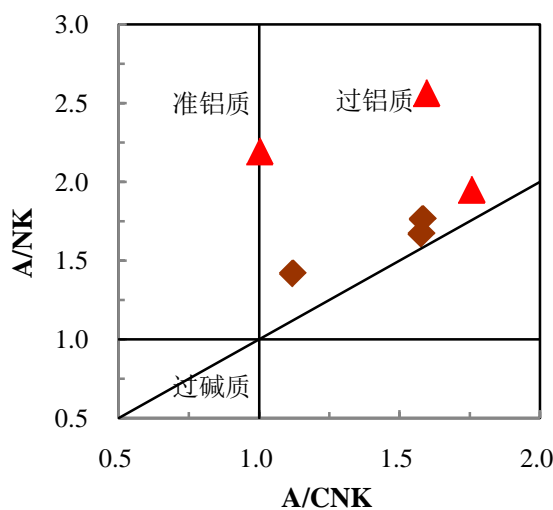


Figure 9. A/NK-A/CNK diagram for the alteration rock and ore in Hengjian uranium deposit

图 9. 横涧铀矿床矿石与近矿蚀变 A/NK-A/CNK 判别图

Table 2. Trace elements composition of Hengjian uranium deposit

表 2. 横涧矿床部分微量元素分析结果表

样品编号	Sr	Rb	Ba	Ta	Nb	Zr	Hf	Th	U	Cr	Co	Ni	Ga	Bi	W	Mo	Pb	Zn
SN14-10	449	99.9	360	0.959	12.8	164	5.22	16.9	135	50.1	21.4	50.5	10.5	0.146	10.1	8.42	25.3	114
SN14-11	346	201	663	1.06	15.9	218	6.77	16.2	45.3	90.4	11.9	52.2	23.2	0.08	4.59	4.16	29.4	346
SN14-12	360	108	389	0.703	9.52	165	5.2	12.2	16.5	45.3	16.9	33	13.4	0.164	2.31	3.12	14.9	75.5
SN14-13	490	910	1862	3.15	34.6	550	12.6	439	1836	8.17	6.86	4.98	17.2	0.19	27.3	32.6	85.7	39.7
SN14-15	224	640	2268	2.65	31.1	240	7.14	235	653	10.1	5.63	4.29	24.7	0.235	23.8	19	92.8	25.5
SN14-17	66	463	781	2.08	20.4	205	6.67	24.7	18.7	29.7	6.23	10.3	22	0.156	19	5.37	22.8	30.6
SN14-19	307	371	251	3.02	18.2	139	6.34	37	68.5	3.78	1.39	3.68	16.2	0.15	7.56	57.8	23.2	27.9
SN14-20	68	295	228	3.58	23.1	116	5.46	37.2	34.1	8	1.28	4.36	18.4	0.07	3.63	13	44.1	25
SN14-21	143	304	289	3.6	22.3	123	5.43	34.3	23.5	7.56	1.27	3.5	17.6	0.093	3.88	9.7	48	28.8

可知,大部分的微量元素与铀含量的增加呈正相关, Ni、Ga、Co、Zn 呈负相关, W、Mo、Pb 与铀相关性较大, 从近矿蚀变到矿石, 含量逐渐增高。W、Mo、Pb 可以作为寻找铀矿化的指示元素。

在微量元素的蛛网图上, 矿石和近矿蚀变显示出 Rb、Th 明显富集, Ta、Nb、Ce、Zr、Hf、Sm、Y 和 Yb 轻微富集, 而 Sr、P、Ti 明显亏损, 不同蚀变带之间的富集和亏损程度相似(图 10)。矿石中的 Sr、Mo、Ba、Pb 与近矿蚀变比较为富集, 如在矿区-83 m 中断, 从近矿蚀变到矿石 Sr 含量由 68×10^{-6} ~ 307×10^{-6} , Mo 含量由 9.7×10^{-6} ~ 57.8×10^{-6} ; 又如在矿区-83 m 中断往上 20 m, Ba 含量由 781×10^{-6} ~ 2268×10^{-6} , Pb 含量由 22.8×10^{-6} ~ 92.8×10^{-6} 。说明在成矿期, 成矿热液中富含 Sr、Mo、Ba、Pb 等不相容元素[7]。

3.3. 稀土元素地球化学特征

对矿床不同标高的矿石样品 SN14-10、SN14-15、SN14-19 及其近矿蚀变进行稀土元素分析。从近矿蚀变到矿石 LREE/HREE、La/Yb 比值呈逐渐减少趋势, 如在-83 m 中断往上 20 m, 从近矿蚀变到矿石 LREE/HREE 值从 9.12~3.99, La/Yb 值从 8.64~2.83 (表 3)。显示轻重稀土之间分异较为明显, 矿化中重稀土更为元素更为富集。

利用球粒陨石平均值(Taylor and Mclennan, 1985)对研究区岩石样品的稀土元素进行标准化计算, 绘制了 REE 标准化分布图(图 11), 通过稀土元素总量可以反映出成矿热液中富含稀土元素, 并且在成矿过程中稀土元素与铀共沉淀。 δEu 的值介于 0.10~0.79 之间, 表现为负异常, 从近矿蚀变到矿石异常强度有增强趋势。

从稀土元素球粒陨石标准化分布图可以看出, 近矿蚀变和矿石的 REE 球粒陨石标准化配分模式曲线呈有规律的变化, 近矿蚀变的稀土元素配分型式较为相似, 说明蚀变作用对稀土元素分布模式的影响很小; 而矿石的稀土元素配分型式则与它们明显不同, 反映成矿热液不是岩浆分异的产物[8]。近矿蚀变的稀土配分型式都为雁式, 呈向右倾斜, 属轻稀土富集型; 矿石的稀土配分型式为“海鸥式”, 呈向右倾斜, 属轻稀土富集型。近矿蚀变和矿石的轻稀土元素相对富集, 重稀土元素相对亏损, 表明近矿蚀变和矿石稀土元素具有继承性和同源性, 同时说明蚀变作用对稀土元素分布模式的影响很小。

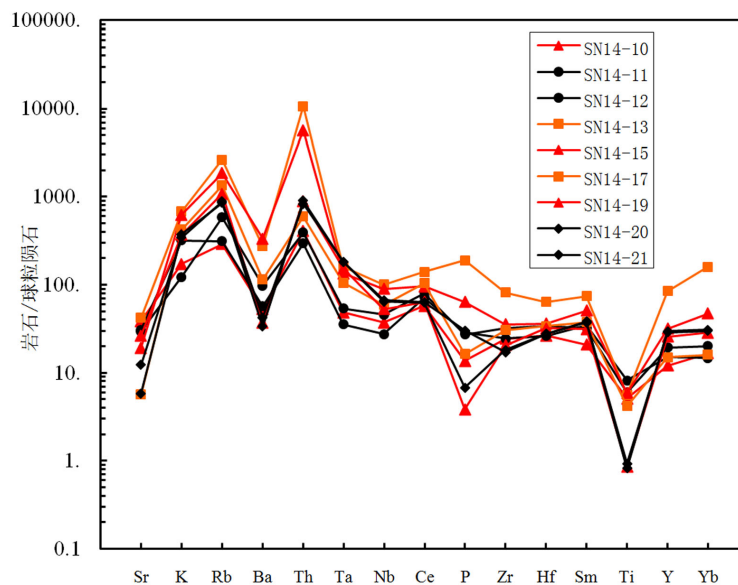


Figure 10. Distribution pattern of trace element in alteration rock and uranium ore

图 10. 微量元素球粒陨石标准化蛛网图

Table 3. REE contents of Hengjian uranium deposit

表 3. 横涧矿床稀土元素分析结果表

样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
SN14-10	26.1	48.9	5.68	22	4.17	0.88	3.69	0.66	3.52	0.78	2.65	0.48	3.61	0.59	23.9
SN14-11	36	68.3	8.29	31.9	6.49	1.61	6.26	1.23	6.9	1.42	4.2	0.67	4.36	0.63	38.1
SN14-12	34.5	60.9	7.5	28.8	6.89	1.77	6.57	1.15	5.84	1.11	3.26	0.49	3.19	0.47	30
SN14-13	59.5	119	14.8	58.8	14.9	2.32	16.6	4.13	26.3	6.52	23.1	4.57	34.6	5.62	168
SN14-15	42.7	81.4	9.99	38.9	10.2	1.62	9.64	2.02	11.2	2.43	7.83	1.45	10.2	1.59	62.5
SN14-17	44.6	89.1	10.4	39.8	7.55	0.71	6.13	1.05	5.22	1.04	3.13	0.51	3.49	0.51	29.6
SN14-19	27.5	54.6	7.08	26.5	6.31	0.26	6.23	1.36	7.86	1.7	5.44	0.94	6.21	0.95	50.9
SN14-20	26	53.8	7.08	28.2	7.65	0.26	6.87	1.59	9.1	1.89	5.76	0.97	6.51	0.96	57.1
SN14-21	25.7	53.4	7.09	28.3	7.45	0.24	6.95	1.6	9.33	1.98	6.1	1.02	6.7	0.99	58.6

样品编号	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	(La/Yb) _N	δEu	δCe
SN14-10	123.70	107.73	15.97	6.74	4.89	0.67	0.91
SN14-11	178.26	152.59	25.67	5.95	5.58	0.76	0.90
SN14-12	162.44	140.36	22.08	6.36	7.31	0.79	0.86
SN14-13	390.76	269.32	121.44	2.22	1.16	0.45	0.92
SN14-15	231.17	184.81	46.36	3.99	2.83	0.49	0.90
SN14-17	213.24	192.16	21.08	9.12	8.64	0.31	0.94
SN14-19	152.94	122.25	30.69	3.98	2.99	0.13	0.90
SN14-20	156.63	122.99	33.65	3.66	2.70	0.11	0.92
SN14-21	156.85	122.18	34.67	3.52	2.59	0.10	0.92

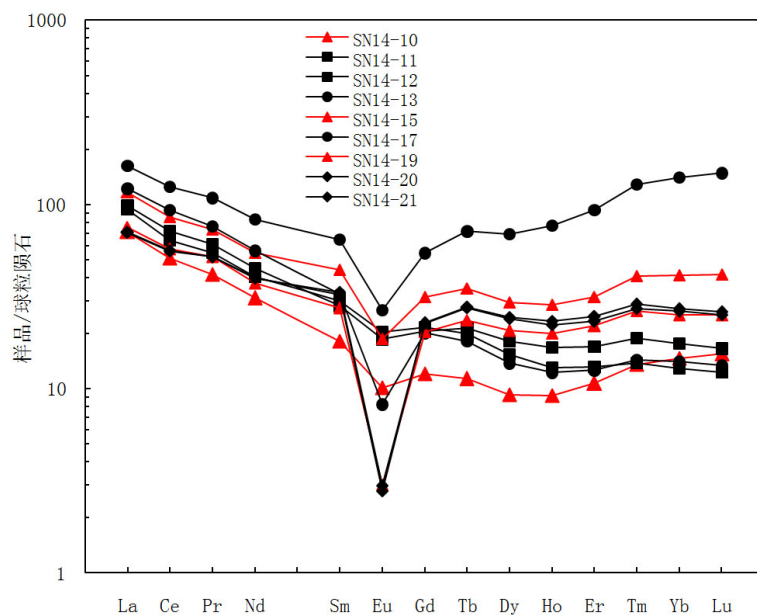


Figure 11. Distribution pattern of REE in alteration rock and uranium ore

图 11. 稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

4. 结论

(1) 横涧铀矿床的赋矿围岩主要是燕山晚期的浅成-超浅成花岗斑岩,岩石地球化学特征表明该区矿石和近矿蚀变具有高硅、富碱、低镁和准铝质-过铝质的岩石特征。

(2) 横涧矿床矿前期热液蚀变以水云母化、钠长石化为主;成矿期早阶段的热液蚀变以钠长石化、赤铁矿化为主;成矿期晚阶段的热液蚀变以水云母化为主,伴随有绿泥石化、萤石化、碳酸盐化等,形成相对较富的铀矿石。

(3) 矿床蚀变具有明显的分带性,从矿体到围岩可依次划分为5条带,分别为矿化中心带(萤石化+水云母化+碳酸盐化+硅化)、矿旁蚀变带(红化+绿泥石化+弱萤石化+弱硅化)、近矿蚀变带(强绿泥石化+水云母化)、远矿蚀变带(钠长石化+水云母化)和微弱蚀变带(弱水云母化)。

(4) 在微量元素的蛛网图上,矿石和近矿蚀变显示出 Rb、Th 明显富集, Ta、Nb、Ce、Zr、Hf、Sm、Y 和 Yb 轻微富集, W、Mo、Pb 可以作为寻找铀矿化的指示元素;稀土元素配分模式图表明近矿蚀变和矿石的轻稀土元素相对富集,重稀土元素相对亏损,表明近矿蚀变和矿石稀土元素具有继承性和同源性,同时说明蚀变作用对稀土元素分布模式的影响很小。

基金项目

国家科技支撑计划项目(2011BAB04B02)资助。

参考文献 (References)

- [1] 张万良 (2001) 相山铀矿田横涧矿床的成因归属. *地质评论*, **4**, 377-382.
- [2] 张鸿 (2008) 横涧-岗上英矿床多期次热液活动与铀成矿关系的探讨. *世界核地质科学*, **2**, 68-72.
- [3] 张鸿, 陈正乐, 杨农 (2009) 江西省相山矿田横涧-岗上英矿床构造控矿特征分析. *地质力学学报*, **1**, 36-49.
- [4] 吴玉, 潘家永, 夏菲, 等 (2013) 相山横涧-岗上英铀矿床围岩蚀变及地球化学特征. *铀矿地质*, **1**, No. 1.
- [5] 邵飞, 范衡, 夏菲, 等 (2011) 相山矿田斑岩型铀矿床地球化学特征及成矿机制探讨. *东华理工大学学报*, **4**, 308-314.
- [6] 夏林折, 夏祖春, 张诚 (1992) 相山中生代含铀火山杂岩地球化学. 地质出版社, 北京.
- [7] 陈正乐, 王平安, 王永, 等 (2013) 江西相山铀矿田山南矿区控矿构造解析与找矿预测. *地球科学与环境学报*, **2**, 8-18.
- [8] 邵飞, 许健俊, 何晓梅, 等 (2012) 相山铀矿田山南矿区稀土元素特征及其地质意义. *东华理工大学学报(自然科学版)*, **3**, 223-229.