

# 某区热液钠交代型铀矿床中的红化蚀变 及其与铀矿化的关系

西北地勘局六五二大队

夏同庆

李楷之

红化是一种使岩石颜色变红的现象，由于红化是许多铀矿床特别是热液铀矿床较常见的一种近矿围岩蚀变，它与铀矿化的紧密联系引起了普遍的关注和热烈地讨论，本文仅就某区地质实际情况提出一种红化蚀变形成的“物态变异”——“粉末化”的观点，并对其与铀矿化之间的关系进行一些分析。

## 一、地质简况

某区位于一个由加里东褶皱带发展起来的复式向斜中，在这一复式向斜南北两侧的深断裂及其次级断裂所支持的数千平方公里范围内，存在着一个广布于各类沉积岩和岩浆岩中，

以钠长石化为先导,包括红化、碳酸盐化、铁绿泥石化的钠交代型铀矿化。

## 二、某区红化蚀变的几个特点

造成岩石发红的原因,即红化的实质是高价铁的氧化物——赤铁矿的高度细分散尘雾状粉末作为染色剂渲染岩石而产生。

1. 红化总是重叠并局限于已遭受早期钠长石化的岩石之上,在红化岩石中总可见到钠长石化,早先形成的新生钠长石遭受赤铁矿粉末渲染,说明红化发生于钠化之后,是碱交代作用下的产物。

2. 随着渲染程度的加强,可形成肉眼可辨的不同强度的红化:肉红色——I级弱红化,鲜红色——II级中等强度红化,砖红色——III级强红化。随着红化强度的加强,原岩的结构构造特征也逐渐变得不清晰。

3. 红化具不均一性,即使在同一块标本、薄片中也往往出现渲染浓淡不均的情况。在宏观上,红化的分布表现为不规则状,不同强度的红化以及红化和未红化岩石之间呈逐渐过渡关系(图版I-1)。

4. 红化有选择性,首先表现为对岩石中不同组份的渲染能力和渲染方式不同,即使在最强烈红化地段的岩石中,石英颗粒或由石英颗粒组成的硅质岩石砾石也很少被渲染(图版I-1)。对于长石、碳酸盐类的矿物,渲染往往是沿着晶体的边缘、解理缝或双晶纹进行。对另外一些矿物则表现为覆盖。其所以如此,可能与矿物本身的结构、构造有关。渲染程度还和岩石的粒度有关,组成岩石的矿物和碎屑的粒度愈细小则愈易被渲染,当为粉砂质岩石时石英也易被染红。

## 三、红化的形成过程

1. 以前的一些研究者,认为某些铀矿床中红化现象的成因是低价铁氧化成高价铁的“价态转换”的结果,并以氧化后 $Fe^{3+}$ 的多少来解释红化的形成及其强弱,而铀矿化的出现即沥青铀矿的沉淀则是6价铀还原成4价铀的结果,因而这一铀成矿是一氧化还原作用。我们在

表1 622矿点蚀变岩石与围岩某些化学组份的变化

Table 1 Variations of chemical composition in altered and host rocks in No. 622 ore occurrence

岩 石 含 量 % 元 素	样 品 数		
	暗紫色片状砾岩 6	紫色钠化块状砾岩 9	红 化 砾 岩 16
Na <sub>2</sub> O	1.93	4.90	5.07
K <sub>2</sub> O	1.88	0.61	0.245
FeO	2.36	2.56	2.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.77	3.84	3.62
FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.39	6.69	6.22
U	0.0037	0.0038	0.0085
氧化度	0.5899	0.5739	0.5819

研究区内各个矿化点带围岩蚀变的化学组份变化时发现, 和非红化岩石相比, 红化岩石中三价铁的含量并没有确定的增加, 二价铁含量也没有确定的减少即红化岩石的氧化度 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 没有增高。换言之, 红化和非红化岩石相比, 铁总量基本保持不变,  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  分量也基本不变。在这里看不出三价铁和二价铁之间存在任何确定的反向关系, 同时也看不到铀含量同三价铁之间有确定的正向关系。这表明在红化产生的过程中并没有发生通常所认为的氧化还原反应 (表1、2、3、4)。

表 2 9号矿带及76号矿点红化和非红化岩石中某些化学组份对比

Table 2 Comparison of some chemical constituents in reddened and unreddened rocks in No. 9 ore zone and No. 76 ore occurrence

含量	岩石 样品数	9 号 矿 带		76 号 矿 点	
		无红化砂岩	红化砂岩	无红化砂岩	红化砂岩
		4	12	10	9
$\text{Fe}_2\text{O}_3$		2.21	1.45	1.62	1.32
FeO		2.07	2.49	1.36	3.21
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$		4.28	3.94	2.98	4.50
$\text{Na}_2\text{O}$		3.49	3.04	3.46	3.58
U				0.003	0.024
$\text{U}_3\text{O}_8$		0.006	0.05		
氧化度		0.5163	0.4769	0.4862	0.2892

表 3 621矿床红化和未红化岩石某些化学组份对比

Table 3 Comparison of some chemical constituents in reddened and unreddened rocks in No. 621 ore deposit

岩石	含量 % 样品数	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	MgO	$\text{CO}_2$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	Th	U
		未红化岩石	26	59.35	0.55	12.73	1.00	4.19	2.47	6.51	3.72	1.36	0.15
红化岩石	83	55.16	0.62	12.81	1.04	4.52	2.48	8.05	6.71	0.26	0.19	0.0017	0.471

2. 镜下观察和人工重砂鉴定都在红化岩石中见到了许多晶形完整的黄铁矿, 说明黄铁矿中的二价铁并未转变为三价铁。

3. 无论宏观还是镜下, 均可见到红化常常沿裂隙向两侧由强到弱呈逐渐扩散状, 原铁矿物或其集合体的中心部位具钢灰色的反射色, 向边缘逐渐过渡为红色粉末并向周围扩散 (图版 I—1)。

4. 我们曾将621矿床的38个有代表性样品的化学全分析数据 (包括铀量) 进行了逐步回归分析, 所得对铀的回归方程式是:

$$U = -0.658 + 0.129\text{FeO}$$

U与FeO的相关系数为0.397

U与 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 的相关系数为-0.252

由上可以看出,红化蚀变的形成并不需要发生由二价铁转变为三价铁的氧化还原反应或由放射性元素的辐射作用等产生的新生赤铁矿( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )。我们还知道,高价铁离子只有在强酸性条件下才是稳定的,在碱性条件下易水解<sup>[4]</sup>。这样,我们就可将该区红化蚀变的形成过程叙述如下:在碱性热液的作用下,围岩中原来所具有的含铁矿物——板状镜铁矿、粒状赤铁矿和磁铁矿中的高价铁组份,经水解作用,生成了极细而又分散的 $\text{Fe}(\text{OH})_3 + n\text{H}_2\text{O}(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ 或 $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{OH})_n^-$ 这类含不定量水的氢氧化物凝胶质点。之后,又经过一定方式的脱水作用,转变成为高度细分散状的赤铁矿(0.00 $n$ —0.000 $n$ 毫米以下),渲染岩石而形成红化。这种染色组份的颗粒越细小,岩石的颜色就变得越红,即使量不多,在颗粒越来越细微并极度分散的情况下,也能把岩石染成强烈的红色色调。以往一些研究者认为染色组份中还混有一定量的针铁矿 $[\alpha\text{-FeO}(\text{OH})]$ 和纤铁矿 $[\gamma\text{-FeO}(\text{OH})]$ ,但这两者的粉末颜色即条痕色具有黄、褐色色调,因而染色组份应为纯赤铁矿粉末。

因此,对于本区来说,从最终结果来看,红化的产生,不是低价铁氧化成高价铁的“价态转换”所引起的,仅仅是原岩中高价铁矿物(氧化物)“物态变异”的结果。即高价铁矿物经历了粉末化并呈现高度分散状态,而使岩石出现红化现象。

其实,А. И. Туганринов<sup>[5]</sup>就曾注意到这种红化现象和铁的氧化物颗粒大小之间的密切关系,他指出,在 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 总量相同的情况下,岩石的颜色随铁的氧化物颗粒大小不同而变化,高价铁氧化物在粒度愈来愈细微的过程中逐渐由灰色转变为鲜红色以至砖红色。

#### 四、红化与铀矿化之间的关系

1. 在该区钠交代型铀矿中,红化的范围总是和铀矿化的范围一致,矿体或者至少说放射性异常全都赋存于这种红化蚀变带中,红化岩石总伴随着铀含量的增高,但单纯的红化无论多强,其铀含量增加也是有限的,只有当其中叠加后期的铁绿泥石—铀矿物之时(此时岩石变为黑红色,人们通常称为“黑化”),才造成岩石中的铀含量急剧增加,这种情况说明了在红化岩中即在赤铁矿粉末中比较均匀地分布着一定量的铀元素。

2. 我们曾分别对未红化、红化和红化+黑化岩石做了浸出率试验(表5、6),其结果表明:在弱溶剂(0.5% $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )作用下,在含有一定量铀的红化岩石中,铀的浸出率是相当高的(14—67%),而当红化岩石中叠加“黑化”、成为富铀矿石时(此时铀主要以独立铀矿物形式存在),其浸出率就明显地降低了(6—27%)。这种情况说明红化岩石中的铀是处于一种“活性铀”的状态,它们是在不破坏矿物晶格情况下浸出的,因而这部分铀应该是既不呈独立矿物也不以类质同像形式存在于其他矿物之中。

3. 由红化岩石的显微放射性照相所得出的 $\alpha$ 径迹和赤铁矿粉末的分布位置相一致,而且呈较密集的单条状(图版I—2,3)或呈分散均匀单条状(图版I—4)分布。

我们还曾对部分被铁染的钠长石和菱铁矿集合体做过显微放射性照相分析,见到被铁染的部分有单根稀疏状的 $\alpha$ 径迹,未被铁染的部分无 $\alpha$ 径迹分布。

以上情况表明,铀在红化岩石中是以一种吸附的形式存在的。前已述及,在碱性热液的作用下,生成了极细而又分散的 $\text{Fe}(\text{OH})_3 + n\text{H}_2\text{O}(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ 或 $\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{OH})_n^-$ 氢氧化物凝胶质点,它们吸附热液中的铀酰离子而使铀固定于红化岩之中,但由于吸附容量的限制,这种形式的铀量是不会很多的。随着含矿溶液物理化学条件的改变、特别是碱度的降低

表4 612矿床各类岩石用0.5%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>在22℃时淋滤试验结果Table 4 Results of test by leaching on various types of rocks from No. 621 ore deposit with 0.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> at temperature of 22℃

岩石类型	样品号	岩石中铀的总含量(%)	浸出的铀量(%)	浸出率(%)
未红化砂岩	79BB <sub>6</sub> -506	0.0026	0.0014	53.85
	79BB <sub>6</sub> -515	0.0017	0.00065	38.56
红化砂岩	79BB <sub>6</sub> -505	0.012	0.0079	65.83
	79BB <sub>6</sub> -507	0.053	0.01884	35.55
	79BB <sub>6</sub> -508	0.017	0.0052	30.59
	79BB <sub>6</sub> -517	0.030	0.00431	14.13
红化+黑化砂岩	80Ky <sub>6</sub> -2	1.034	0.06442	6.23
	80Ky <sub>6</sub> -6	0.253	0.03948	15.6
	80Ky <sub>6</sub> -9	0.226	0.02189	9.69

试验条件: 22℃ 静态浸出24小时, 试验者: 荣向兰

表5 621矿床各类岩石用0.5%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>在100℃时淋滤试验结果Table 5 Results of test by leaching on various types of rocks from No. 621 ore deposit with 0.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> at temperature of 100℃

岩石类型	样品号	岩石中铀的总含量(%)	浸出的铀量(%)	浸出率(%)
未红化砂岩	79BB <sub>6</sub> -506	0.0026	0.00175	67.31
	79BB <sub>6</sub> -515	0.0017	0.0007	41.18
红化砂岩	79BB <sub>6</sub> -505	0.012	0.00808	67.33
	79BB <sub>6</sub> -507	0.053	0.02189	41.30
	79BB <sub>6</sub> -508	0.017	0.007	41.18
	79BB <sub>6</sub> -517	0.030	0.00664	22.13
红化+黑化砂岩	80Ky <sub>6</sub> -2	1.034	0.08578	8.3
	80Ky <sub>6</sub> -6	0.253	0.06837	27.02
	80Ky <sub>6</sub> -9	0.226	0.04091	18.10

试验条件: 在100℃时浸泡30分钟, 试验者: 荣向兰

(钠长石化形成钠长石的固碱作用)和碳酸贫化(CO<sub>2</sub>排出和碳酸盐矿物的形成),终于导致溶液中的铀沉积形成具独立铀矿物的铀矿化。

浸出试验由荣向兰同志分析,显微照片由黎永务同志拍摄,表1、表2据本队分析数据,表3据北京铀矿地质研究所整理,特此鸣谢。

## 参 考 文 献

- (1) B. A. 兹洛宾, 1973, 热液铀矿床岩石红化作用的特点及其对铀富集的意义,《国外放射性地质》,第4期。
- (2) 章邦桐, 1980, 红化蚀变机理的初步探讨,《放射性地质》,第5期。
- (3) 嵇少丞, 1983, 有关红化蚀变的成因机制问题,《放射性地质》,第3期。
- (4) 阮惠础等, 1983, 长江中下游中三叠统层控铁矿床的碳酸盐化蚀变和铁的活化转移机制,《地质与勘探》,第6期。
- (5) А. И. Тугаринов主编, 1977, 火山洼地铀矿床, 原子能出版社。
- (6) 夏同庆、李楷之、郑邦权, 1985, 某区热液钠交代型铀矿成矿模式,《矿床地质》,第4期。
- (7) Г. А. Сидоренко, 1980, Гематит-индикатор естественной р диапии, изв Ансср, сер, Геол, №8, Стр101—107。

