

# 我国含铀煤矿床的某些地球化学特征

张淑苓 陈 功 唐玉衡

(北京铀矿地质研究所)

我国含铀煤矿床主要产于中—新生代陆相沉积盆地中。盆地基底为华力西至燕山期花岗岩(黑云母花岗岩、二云母花岗岩等),或酸性火山岩(火山碎屑岩),或二者均有,其含铀丰度大于8 ppm,高于酸性岩克拉克值的3—10倍。基底含铀丰度高为成矿提供了丰富的铀源。铀矿区内的地下水一般为弱酸至弱碱性,重碳酸钾-钠型,硫酸、重碳酸钙(钾)-钠型等;pH值6—7.5,含铀丰度为 $n \cdot 10^{-7}$ — $n \cdot 10^{-6}$ 克/升,干旱地区为 $n \cdot 10^{-6}$ — $n \cdot 10^{-5}$ 克/升。矿体一般为层状,似层状及透镜状与煤层整合产出。按矿床与地层构造的关系可分为:

- (1) 产于盆地基底不整合面上的矿床,多与晚第三纪褐煤伴生。
- (2) 产于沉积建造内不整合面下的矿床,多与早、中侏罗世褐煤伴生。
- (3) 产于含煤碎屑建造内的矿床,多与早第三纪褐煤伴生。与含铀煤伴生的矿物较简单,常见的有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、个别矿床见自然硒重晶石及石膏等。侏罗纪褐煤常见钼、硒、锗等;第三纪褐煤常见锗、镓等。

本文简要叙述含铀煤的煤岩特征、铀的存在形式、有机质对铀的富集作用及矿床成因等。

## 一、含铀煤的煤岩特征

### (一) 含铀煤为褐煤

我国含铀煤主要为褐煤,极少量为长焰煤。其特征为黑色、具沥青及土状光泽。断口平坦,贝壳状。含一定数量杂质(石英、长石、黄铁矿及粘土等(表1))。

煤岩组份以凝胶、半凝胶为主。常呈镜煤条带(图版I, 1)及结构镜煤,有的过渡为凝胶基质。基质中夹杂大量丝炭-半丝炭碎片(图版I, 2),其中丝炭胞腔常被拉长,孔洞充填黄铁矿及粘土(图版I, 3)。煤岩组份中混入大量稳定组分,有角质层、孢子及花粉、树脂体、木栓(图版I, 4、5)及菌核(图版I, 6)等。有时混入细分散状粘土、黄铁矿、石英及长石等碎屑。

从表2可见,不同地区不同时代的含铀煤,其反射率及硬度随铀含量的增加而递增。因煤中含有苯、萘等芳香核和少量杂环芳香缩合体,带有多种含氧基团和支链。铀的辐射作用,使其化学成分、物理结构产生变化,反射率及硬度增高。一般富铀煤的变质程度不高。因随煤变质程度的不断增高,碳平面网增大,平面网层间距离减小,定向性

增强, 逐渐向石墨过渡, 促使煤失去吸附铀的能力。

表1 含铀煤的有机化学成分

Table 1 Organo-chemical composition of uranium-bearing coals

地区	时代	有机质的元素组成%					灰分%	挥发分%
		C <sup>Y</sup>	H <sup>Y</sup>	O <sup>Y</sup>	N <sup>Y</sup>	S <sup>Y</sup>		
1303	N1-2	76.96—73.26	3.87—4.77	12.49—21.81	1.0—1.4	0.57—2.58	3.63—8.63	42.32—51.38
1277	E2	74.37—72.39	2.53—6.8			*2.28—4.93	23.59—61.99	24.19—30.59
T-9	J2	73.36	6.08	18.47	0.5	0.66	15.51	29.42
1510	J1-2	60—70	3—5	16—25	0.7—1.3	0.6—5	8.51—16.74	34.19—41.36

注: C<sup>Y</sup>, H<sup>Y</sup>, O<sup>Y</sup>, N<sup>Y</sup>, S<sup>Y</sup>分别为可燃有机C, H, O, N, S

\*为总硫含量

表2 含铀煤的物理性质(反射率及硬度)和含铀量

Table 2 Reflectance and hardness of uranium-bearing coals as well as uranium content.

地区	时代	岩性	U%	反射率(580m $\mu$ )	硬度Kg/mm <sup>2</sup>	
					最小—最大	平均
1303	N1-2	半亮煤	0.090	6.49	40.2	40.2
			0.515	5.87—6.85	58—64.2	61.1
			1.625	6.76—7.32	62.6—96.5	81.6
1277	E2	煤	0.0105	6.65	71.6—77.9	75.7
			0.815	6.94—7.24	—	—
			1.382	7.93	—	—
T-9	J2	煤	0.036	6.03—6.25	51.5—68.5	59
			>500r	8.53—8.8	55.1—68.5	63

根据煤的化学成分和物理特征, 确定含铀煤为褐煤。煤岩类型属于半暗—半亮煤、暗煤夹亮煤、亮暗煤及暗亮煤等。

## (二) 铀矿化与煤岩组份的关系

关于铀与煤岩组份之间的关系, 目前尚无一致看法。I. A. Breger认为煤中凝胶组份对铀的富集更为有利。而3. A 涅克拉索娃则认为铀含量与煤岩组份无关, 主要与煤中所含矿物杂质有关, 即矿物杂质(灰分)多, 则铀含量高。

我们从1303、1277矿床的样品中, 挑选出凝胶组份, 分别测铀(表3)。结果是凝胶组份的铀含量较原样高, 表明凝胶组份吸附铀的能力更强。

为了进一步说明凝胶吸附铀的能力, 又测试了T-9矿床中, 不同煤岩组份的铀含

表 3 凝胶组份中铀的含量  
Table 3 Uranium content of vitrinite

地 区	时 代	样 号	原样U%	凝胶U%	凝胶/样重%	U凝/U总%
1303		Ec-23	0.055	0.130	9.45	23.37
1277	I 层	M-53	0.734	2.566	11.45	40.00
		M-69	0.086	0.158	8.05	14.77
	II 层	M-34	0.162	0.185	7.75	8.81
		M-37	0.632	0.706	21.9	21.45

U凝——凝胶中的铀含量，U总——铀总含量

表 4 不同煤岩组份铀的含量  
Table 4 Uranium content of different coal fractions

样 号	5		7		17		9	
拼 分	丝 炭	凝 胶	丝 炭	凝 胶	丝 炭	凝 胶	丝 炭	凝 胶
U%	0.475		0.039		2.39		0.0043	
	0.64	0.70	0.124	0.70	0.90	1.26	0.0053	0.011

量，结果于表 4。

上表说明，凝胶组份比丝炭含铀高。这是由于结构不同，致使凝胶吸附铀的能力比丝炭强。可见含铀煤中铀与凝胶组份的关系更为密切。

### (三) 铀矿化与有机元素的关系：

1) 铀与 $C^Y$ 、 $H^Y$ 含量，H/C原子比关系 随铀含量增加， $C^Y$ 、 $H^Y$ 含量及H/C原子比皆有减小趋势。说明煤结构中的 $H^+$ 与 $(UO_2)^{2+}$ 之间发生阳离子交换作用。(图1,2)

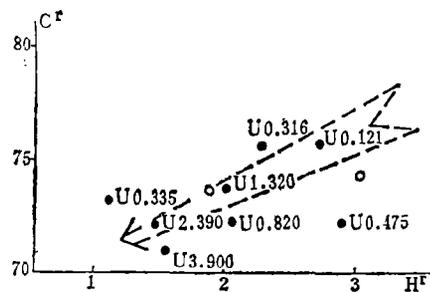


图 1 铀与 $C^Y$ 、 $H^Y$ 的关系 (T-9 矿床)

Fig. 1 Relation between uranium and  $C^Y$ ,  $H^Y$  (T-9 deposit)

2. 铀与硫的关系 铀与S(总硫)成正相关。由于总硫中的硫酸盐硫及部分有机硫通过细菌作用，可产生硫化氢。而硫化铁硫可组成有机硫(硫醇、硫的杂环类等)的化合物。它们对铀的还原、沉淀和富集都起一定作用(图3)。

3. 铀与 $V^f$ 关系 随铀含量的增加，挥发份减少(图4)。

总之，铀与 $C^Y$ 、 $H^Y$ 含量， $H/C$ 原子比及 $V^f$ 成反相关，而与 $S$ 成正相关。

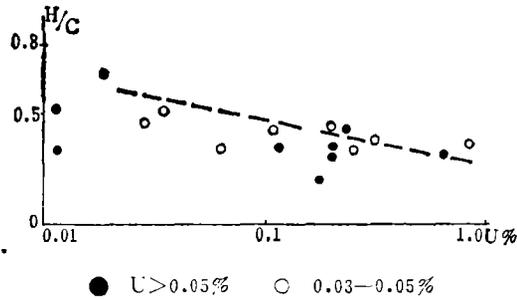


图2 铀与 $H/C$ 原子比关系 (○—1303, ●—1277矿床)

Fig. 2 Relation between uranium and  $H/C$  atomic ratio (○—1303, ●—1277 deposits)

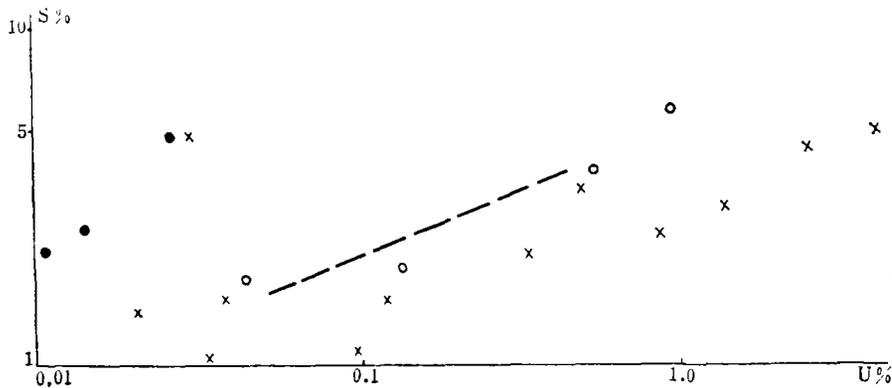
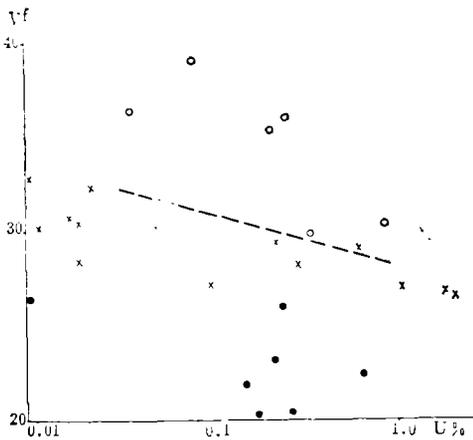


图3 铀与 $S$ 的关系 (○、●、×分别为1303、1277、T-9矿床)

Fig. 3 Relation between uranium and  $S$  (○, ●, X—1303, 1277, 7—9 deposits)



$V^f$ ——分析试样的挥发份

图4 铀与 $V^f$ 的关系 (○、●、×分别为1303、1277、T-9矿床)

Fig. 4 Relation between uranium and  $V^f$  (○, ●, X—1303, 1277, T-9 deposits)

## 二、铀的存在形式

为了研究铀在煤中的存在形式，分别测定矿样（1303、1277矿床）在不同重液馏份中的铀含量及其分配状况（图 5）。

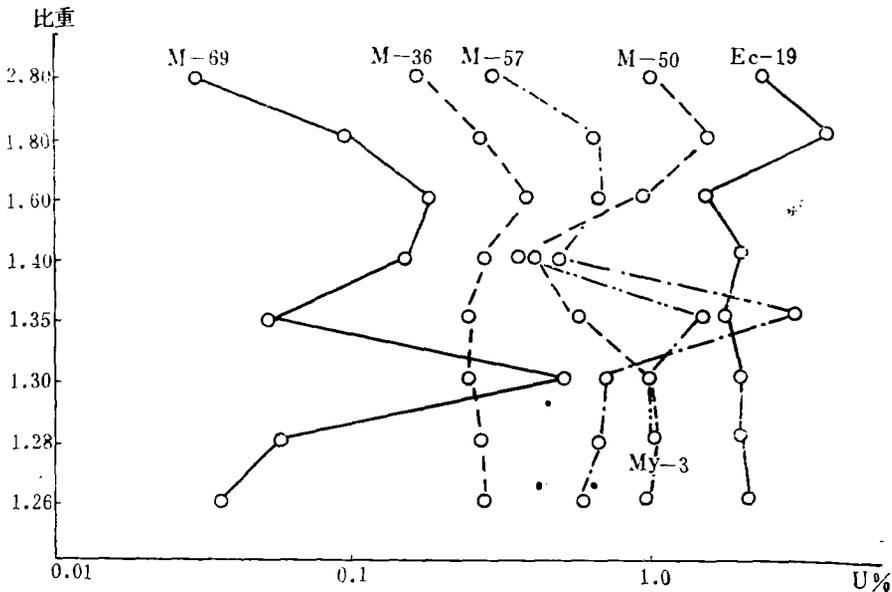


图 5 不同重液馏份中的铀含量

Fig. 5 Uranium content of liquid fractions of different specific gravity

轻组份 ( $<1.4$ ) 铀含量高，其存在形式以吸附及络合物（腐殖酸络合物）为主，中间组份 ( $1.4-1.8$ ) 富集的铀以吸附为主，重组份 ( $>1.8$ ) 含铀高，则为铀矿物所引起。

可见煤中铀的存在形式比较复杂。主要有以下三种：

### （一）铀矿物：

在原生矿石中常见沥青铀矿及铀石，在氧化矿石中见铀黑、硅钙铀矿、硅镁铀矿、钒钙铀矿、板菱铀矿、钙铀云母和铜铀云母等。

1. 沥青铀矿 颗粒细小，粒径为  $0.005-0.05$  毫米。呈浸染状、胶状、不规则状等，沿层理分布。有的成不连续细脉、有的充填裂隙或成丝炭木质结构与黄铁矿伴生。

2. 铀石 颗粒极细，一般  $<0.05$  毫米。呈胶状、斑点状浸染在煤岩组份中，并与粘土、黄铁矿混杂一起，有的呈胶状胶结球粒状黄铁矿（图版 I、7、8，图版 I、1-4）。

### （二）吸附状态：

显微放射性照相  $\alpha$  径迹呈疏散状态，探针分析煤中铀的 X 射线扫描较均匀无集中点，

含铀褐煤矿石的电渗率较高(表7)等,说明存在大量吸附状态的铀。常见以下几种胶体矿物吸附铀。

表5 X光粉晶及探针分析

Table 5 X-ray powdery and probe analysis

产地	时代	X射线粉晶分析		探 针 分 析 %						反 射 率 %	
		a.		U	Fe	Si	Ca	Mn	Al		Mo
1303	N1-2	5.407±0.004埃	埃	20-30*	0-4						8-12
1510	J1-2	5.385埃	埃	67.71		0.78	1.68	0.26	0.04	0.12	

\* 该样氧化深,可能为铀黑

表6 X光粉晶及探针分析

Table 6 X-ray powdery and probe analysis

产地	时代	样号	X射线粉晶分析		探 针 分 析 %									
			a.	C.	U	Si	Fe	Pb	Ca	Ti	Mn	Al	P	S
1303	N1-2	My-3	6.928埃	6.413埃	60.59— 62.15	7.99— 8.64	0.16— 0.17	/	0.01— 1.51	微	/	0.27— 0.37	0.57	
1277	E <sub>2</sub>	58-2	6.913埃	6.308埃	61.30— 63.21	9.65— 9.70	0.61— 0.81	痕	1.27— 1.33	0.15— 0.24	/	微—0.39		
		63			58.07	8.79	3.57	痕	0.57	0.19	微	0.44	0.29	

表7 富铀煤矿石电渗率

Table 7 Electric osmosis of uranium-rich coal

产 地	时 代	电 渗 率 %
1303	N1-2	40-53.6
T-9	J <sub>2</sub>	36.8-54.5
1277	E <sub>2</sub>	有的高达76.5

1. 凝胶组份吸附铀 铀在凝胶组份中成分散状态(图版Ⅰ, 5、6)。根据探针分析,含铀5—7%。

2. 粘土吸附铀 含铀煤矿床中,粘土与有机组份常常混杂一起。铀不但被有机质,也被粘土所吸附。铀在其中亦呈分散状态。探针分析,含铀0.15—2.12%。

3. 胶状黄铁矿吸附铀 这种黄铁矿沿层理分布,浸染于煤岩和粘土中,呈球粒状或充填胞腔,其中铀呈分散状(图Ⅰ, 7、8)铀含量见表8。

### (三) 有机络合物

五十年代,I. A. Breger对南达科他州的亚沥青煤和木煤进行了研究,发现有机部分中铀是与腐殖质结合的,并以铀的有机络合物形式存在。A. Szalay认为在煤和碳化木的有机质中,大部分铀集中于腐殖酸中。根据我国一些矿床的研究,确认铀的有机络合物是存在的。天然有机质(腐殖酸、沥青等)可与金属(U、Ge、V、Mo、Cu等)形

表 8 黄铁矿中铀的含量  
Table 8 Uranium content of pyrite

产 地	时 代	球 粒 状 黄 铁 矿 %	
		化 学 分 析	探 针 分 析
1303	N1—2	0.1—0.8	
1277	E <sub>2</sub>	0.033—0.493	0.14—0.81

成各种不同的络合物。

1. 腐殖酸合铀酰络合物 从表 9 可见，富含腐殖酸的煤相对富集铀。煤中铀的这种分布特征，表明铀与腐殖酸的关系密切。

腐殖酸本身的物理、化学特征，决定其具有富集金属元素的能力。腐殖酸为羟基芳香族羧酸复杂混合物，含有大量活性官能团。这些官能团内的氢能游离出来，使腐殖酸成为负胶体，具离子交换特性，易与带正电的铀酰离子结合，形成络合物。Bohdan kribek 实验证明，络合物中的每一个铀酰离子同时联结在一个酚氧和一个游离羧基上。测定腐殖酸络合  $UO_2^{2+}$  的稳定常数 ( $pH3.5-7$ ) 为 7.8。此外，腐殖酸具较大表面积，亦能吸附铀，这种吸附可能是有机络合作用的先导。B、B、Щербина 认为，形成络合物的能力，取决于金属的离子壳层结构、离子半径大小、原子价大小和极化强度。原子价增大、离子半径减小，更有利于络合物的形成。因此，自然界中  $U^{6+}(UO_2^{2+})$  与腐殖酸能形成较牢固的金属络合物。

表 9 腐殖酸中铀的含量  
Table 9 Uranium content of humic acid

产 地	时 代	样 号	U%	腐 殖 酸 %	腐殖酸中 U%	残 渣 中 U%
1303	N1—2	Ec—19	1.65	12.20	0.274	13.71
		My—3	0.956	18.54	0.119	0.373
1277	E <sub>2</sub>	M—50	1.322	0.028	0.024	1.063
		M—34	0.236	0.084	0.029	0.147
		M—37	0.815	0.086	0.048	0.535
		M—59	1.541	0.292	0.283	1.198
T-9	J <sub>2</sub>	3—1	1.32	10.0	0.001	/
		17	2.39	16.0	0.122	/
		908—1	0.013	9.5	0.017	/
1510	J1—2	D—1	/	11.67	0.049	7.488

腐殖酸络合金属的能力还与介质的 pH 值有关。根据 С. Манская 的实验，证实 pH 4—5 时，腐殖酸络合铀量最大。我们测定了不同 pH 介质中，腐殖酸沉淀内的铀含量

(表10), 随介质pH值逐渐增大, 腐殖酸含量减少, 而其中铀含量增高(图5)。这可能与腐殖酸结构, 即分子量大小和酸性基多少有关。

表10 不同介质中腐殖酸的铀含量

Table 10 Uranium content of humic acid in different media

地区	样号	原样U%	PH值	腐殖酸重克	腐殖酸中U%
1303	Ec-19	1.625	5	0.0068	0.178
			4	0.0198	0.056
			2.8	0.4222	0.0203
			2	0.0633	0.020
	My-3	0.936	3.8	0.0405	0.0103
			2	0.1445	0.0160
1510	D-1		3.8	0.0744	0.471
			2	0.3326	0.0014

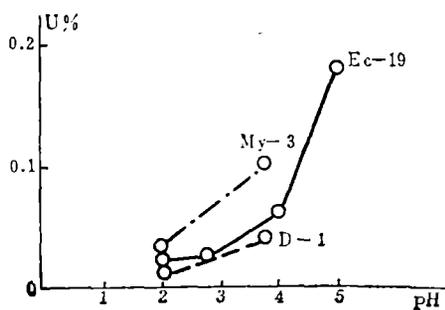


图6 腐殖酸中铀与pH值关系

Fig. 6 Relation between uranium and pH in humic acid

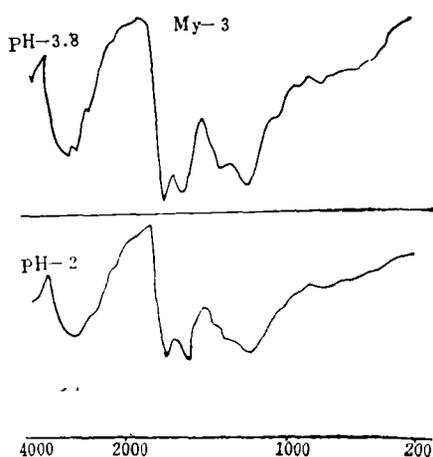


图7 腐殖酸合铀酰络合物红外光谱

Fig. 7 Infrared spectra of humic uranyl complex

络合物的特征是, 扫描电镜下, 为球粒状胶体。透射电镜下, 由片状及细小球粒组成网状疏松结构的胶体。在红外光谱曲线上出现芳烃CH弯曲振动 $760\text{cm}^{-1}$ ,  $840\text{cm}^{-1}$ 吸收峰, 但不明显, 存在烷烃脂肪结构CH $1380\text{cm}^{-1}$ ,  $2950\text{cm}^{-1}$ 吸收峰; C—O伸缩振动 $1230\text{cm}^{-1}$ 吸收带。

2. 富铀沥青 由于沥青(A、C)以长链脂肪族为主, 含一定芳香结构, 并有大量羧基、羰基等含氧基团, 致使沥青能吸附或络合铀酰离子。我们将样品先用氯仿提取沥青A, 然后再用苯-酒精(V/V 1:1)混合溶液提取沥青C。所得产物, 分别烘干、

称重、并测定其中铀含量(表11)。

表11 沥青A、C中的铀含量

Table 11 Uranium content in bitumens A and C

地 区	样 号	原样U%	沥 青 A		沥 青 C	
			含 量 %	U%	含 量 %	U%
1303	My-3	0.936	0.179	0.067	0.412	1.086
	Ec-27	0.515	0.132	0.136		
1277	M-50	1.382	0.056	0.040		
	M-34	0.236	0.296	0.0116	0.360	2.23
	M-37	0.815	0.048	0.081	0.072	16.03
	M-57	1.541	0.106	0.0033		
	M-58	0.389	0.095	0.057	0.077	5.28

可见, 沥青C较沥青A更富集铀。主要因二者结构的复杂程度不同, 影响其吸附或络合铀的能力。

### 三、有机质对铀的富集作用

有机质在沉积金属矿床形成过程中, 包括源岩的风化、沉积物的形成和搬运、及成岩等阶段都起着非常重要的作用。一般认为沉积岩中铀的沉淀、富集, 受化学和生物化学机理的控制, 与铀的迁移形式和介质的物理化学条件有关。当含铀溶液从氧化环境迁移到还原环境, 介质的Eh、pH值发生变化时, 铀即从溶液中沉淀出来。有机质对铀的富集作用, 在成岩作用和成岩期后的表生作用阶段尤为显著。

在成岩阶段, 有机质富集铀的能力最强, 它开始于泥炭化晚期, 完成于成岩作用早期。在泥炭过程中, 由原地生长的和源区搬运来的陆生植物遗体, 经喜氧细菌的分解而生成的腐殖酸溶胶, 使来自源区聚集于沼泽底水中的铀酰碳酸盐和铀酰富啡酸盐等络合物分解, 释放出铀酰离子, 并通过吸附作用、离子交换或络合、螯合作用形成铀酰腐殖酸盐。随着上覆碎屑物的堆积, 泥炭田被埋藏脱离沼泽环境, 进入早期成岩(成煤)阶段, 水介质中的溶解氧逐渐消失, 厌氧细菌活跃起来, 有机质进一步分解, 产生 $CH_4$ 、 $H_2S$ 、 $H_2$ 等气体, 使水介质从酸性氧化变为碱性还原。这时与腐殖酸呈吸附结合或离子交换的铀酰离子解吸, 被还原成铀的氧化物和金属硫化物一起沉淀下来, 形成早期成岩的铀富集体(即成岩矿床)。随着深埋成岩(晚期成煤)作用的加强, 温度和压力条件的改变, 含铀的腐殖酸溶胶(腐殖酸合铀酰络合物或螯合物)在压实作用下作短距离迁移后, 在其胶体陈化过程中, 与它络合的铀酰离子释放出来, 被还原成沥青铀矿并交代周围的有机质残体; 而与腐殖酸螯合的铀酰离子, 由于结合牢固, 呈含铀腐殖质残体保留下来。它们与早期成岩的铀富集体, 互相叠置形成一个包含成岩矿体的含铀层。

在含铀的褐煤层形成后,经过褶皱或断块运动暴露地表,在未出现高级变质以前,该褐煤仍继续不断地从循环于含铀层内的地下水中富集铀,形成表生再造的铀矿床。

有机质的分解与合成产物在不同的演化阶段,具有不同的机能。这些机能包括:吸附、还原、离子交换、络合或螯合作用等,其中以吸附和还原作用为主。有机质富集铀的机能决定着成岩与成矿的地球化学特征,控制着铀的沉淀和富集。

#### 四、矿床成因

关于含铀煤矿床的成因问题,大多数人认为铀是在泥炭化之后,甚至是在成煤之后从地下水中富集的结果(I. A. Breger, 1974)。但是,有的研究者在某些富铀煤矿石中,还发现在煤化作用之前,铀就进入到有机质残体内的事实,如A. Szalay等所指出的,泥炭中的腐殖酸能从含铀浓度非常稀薄的溶液中吸附铀,形成铀酰的腐殖酸盐络合物,后来在煤化过程中,六价铀被还原成沥青铀矿。

我国含铀褐煤矿床有成岩矿床和后生矿床两种类型,但大多数具有经济价值、规模较大的含铀煤矿床,主要是后生的。从有机质的沉积演化特征及其对铀的富集作用来说,后生矿床与成岩矿床之间,成因上往往存在着内在的联系。如成岩矿床中往往包含着经过后生改造叠加的矿体;而后生矿床往往又是在成岩的铀源层基础上,经后生改造富集成矿的。根据矿体产状特征,产于含煤建造内的矿床,与含煤岩系的成因关系密切,铀矿的形成是在成煤(成岩)过程中完成的,如1277矿床含铀建造为始新世—渐新世,而成矿时代为55—58百万年,相当于始新世,为典型的成岩矿床。产于不整合面上或其下的矿床,大多数为后生矿床,如1303矿床,含铀建造为晚中新世—早上新世,而成矿时代为3.5—6百万年;1510矿床,含铀建造为早中侏罗世,成矿时代为5.7—7百万年。

本文得到本所一些同志的协助,提供了有关的分析数据,在此一并致谢。

(收稿日期1983年4月7日)

#### 参 考 文 献

- [1] З. А. 涅克拉索娃, 1963, 关于某些煤中的铀矿物的存在形式, 铀矿地质, 243—253, 科学出版社。
- [2] 中国科学院地球化学研究所有机地球化学与沉积学研究室, 1982, 有机地球化学, 科学出版社。
- [3] Breger I. A., 1974, The role of organic matter in the accumulation of uranium, Formation of uranium ore deposits. proceedings of a Symposium Athens. 99—124.
- [4] A. Szalay, 1974, Accumulation of uranium and other micrometals in coal and organic shales and the role of humic acid in these geochemical enrichments., (Arkiv Min Geol.) V. 5, N10.
- [5] Bohdan kribek and Jaroslav podlaha, 1980, The stability constant of the  $UO_2^{2+}$ -humic acid complex., Organic Geochemistry, Vo 1. 2, 93—97.

## SOME GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF URANIUM-BEARING COAL DEPOSITS IN CHINA

Zhang Shuling Chen Gong and Tang Yuheng

(Beijing Research Institute of Uranium Geology)

### Abstract

Uranium-bearing coal deposits in China occur in some Meso-Cenozoic continental sedimentary basins which mainly spread over intermontane down-faulted basins of geosynclinal folded and upwarped regions. The uranium-bearing basin basement consists of granite or acidic volcanic rocks; uranium abundance is more than 8 ppm. Underground water in uranium ore areas is characterized by bicarbonate K-Na, sulfates and bicarbonate Ca(K)-Na types, PH= 6—7.5; uranium abundance is  $n \cdot 10^{-7}$ — $n \cdot 10^{-8}$ g/l and  $n \cdot 10^{-6}$ — $n \cdot 10^{-5}$ g/l in arid regions. This deposit, by its occurrence, can be classified into three categories: (1) ore bodies occurring above the unconformable plane of the basin basement, (2) below unconformable plane in sedimentary formation, (3) in the coal-bearing detrital formation.

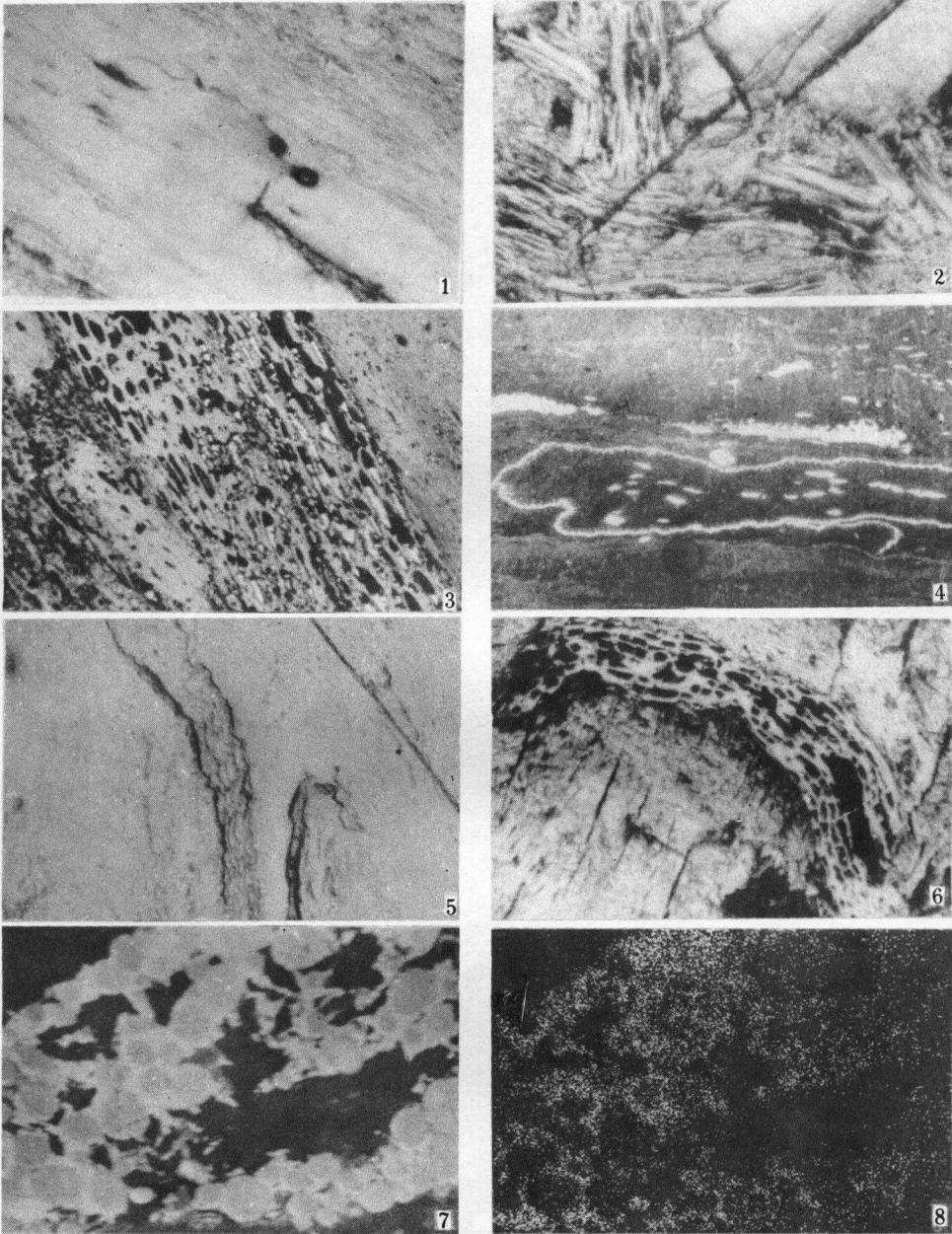
This paper describes some geochemical characteristics of uranium-bearing coals as follows:

1. Uranium-bearing coals are mainly lignites of low-rank metamorphism. The components of coals mostly are collinite (or telinite), interbedded with fusain fragments and mixed with stable components (cuticle, resinite, spore, etc.). The coal's type belongs to semidurain-semiclarain, durain with clarain, claro-durain and duro-clarain. On the basis of analytical data, we may come to the conclusion that uranium content is negatively correlative with  $C^Y$ ,  $H^Y$  contents, H/C atomic ratio and  $V^I$ , and positively correlative with S.

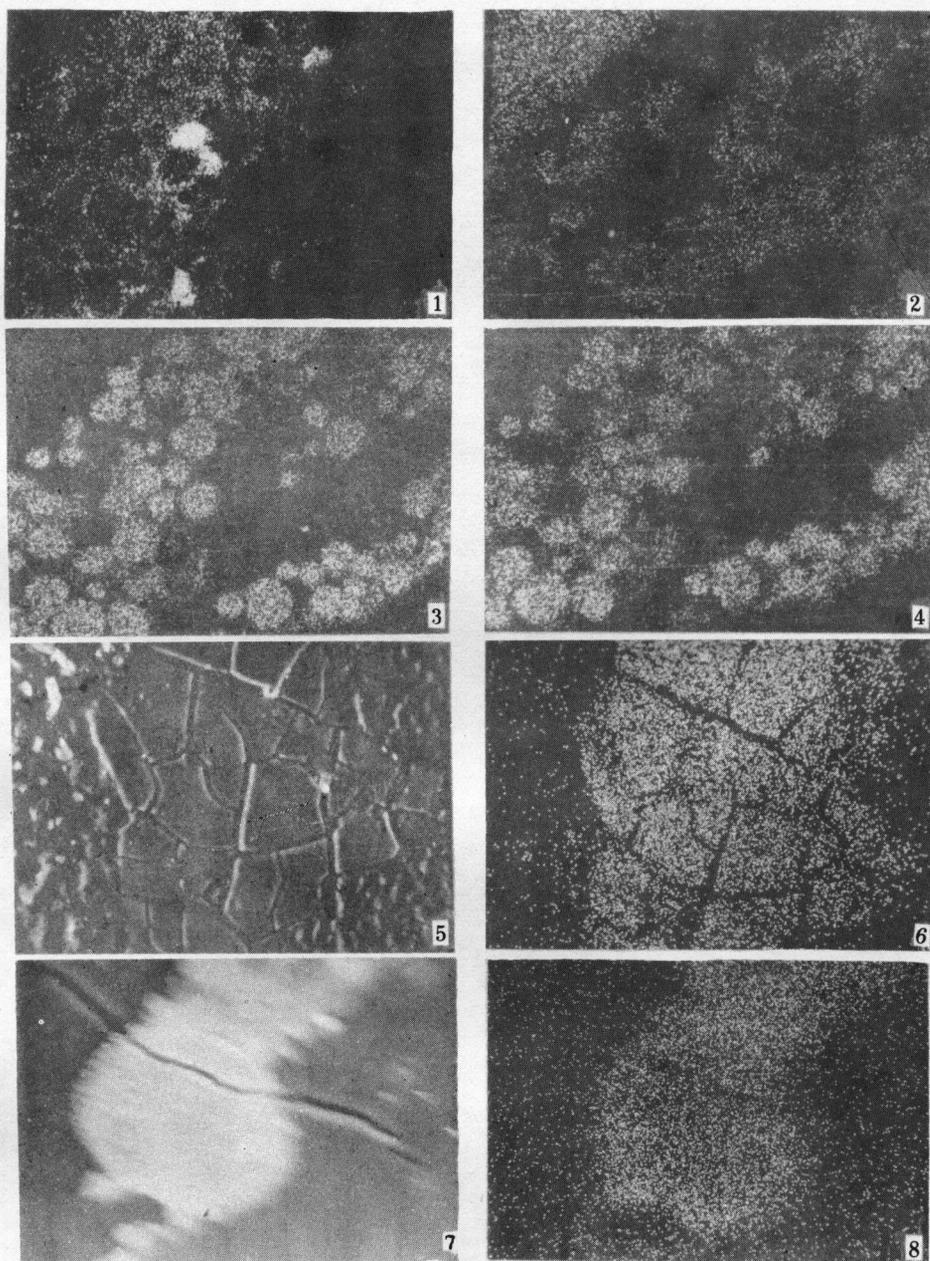
2. In uranium-bearing coals the forms of uranium existence are complex. Uranium is in the form of absorption monominerals and organic complexes. Monominerals are pitchblende, coffinite and uranophane, sklodowskite, tyuyamunite, schrockingerite, autunite and torbernite. Absorbents consist of vitrain compound, clay minerals and colloidal pyrites. Organic complexes are humic uranyl complex and uraniferous bitumen.

3. Enrichment of organic materials to uranium is realized by special functions of self-decomposition and synthetic products in the diagenetic process. These functions consist of adsorption, reduction, ion exchange, complexation or chelation, etc. Adsorption and reduction are specially chief functions of enrichments to uranium in diagenetic and supergene stages.

4. Genesis of uranium-bearing coal deposits consist of the diagenetic and the epigenetic. According to the occurrence of ore bodies uranium deposits formed in the process of coal bed formation are typically diagenetic; uranium deposits occurring above or below the unconformable plane are mainly epigenetic.



1. 镜煤条带, 反 $\times 56$ , T—9矿床。 2. 丝炭碎片, 反 $\times 56$ , T—9矿床。 3. 胞腔充填黄铁矿及粘土, 反 $\times 100$ , 1277矿床。 4. 角质层, 孢子, 花粉, 透 $\times 40$ , 1303矿床。 5. 木栓, 反 $\times 125$ , 1303矿床。 6. 菌核, 反 $\times 56$ , T—9矿床。 7. 煤中铀石的背散射,  $\times 180$ , 1277矿床。 8. 与图版 I, 7相应U的X射线图。



1.图版 I, 7 相应Si的X射线图。 2.与图版 I, 7 相应C的X射线图。 3.与图版 I, 7 相应S的X射线图。  
4.与图版 I, 7 相应Fe的X射线图。 5.凝胶组份背散射,  $\times 180$ , T-9 矿床。 6.与图版 II, 5 相应U的X  
射线图。 7.球粒状黄铁矿背散射,  $\times 600$ , 1277 矿床。 8.与图版 II, 7 相应U的X射线图。