

114铀矿床地质特征及成矿作用

刘 师 先

(广东省地质局科研所)

114矿床位于南岭伟向构造带大东山-贵东亚带, 粤北山字型西翼, 系产于碳酸盐岩断裂带中的中低温热液充填交代单铀矿床。铀矿体主要产于石炭纪和二叠纪地层中, 受新华夏系北西向张性构造复合早期构造带控制。

一、矿床地质特征

(一) 地质概况

矿床内出露的地层有石炭系、二叠系、三叠系(图1)。各地层中岩石化学成分和铀的含量见表1。

矿床四周由花岗岩体环绕, 除西侧岩体为加里东和燕山期花岗岩组成的复式岩体外, 其他都是燕山期的岩体。矿床内有流纹斑岩、煌斑岩, 矿床的西侧龙坪一带有石英斑岩。

矿床处于多构造体系复合部位, 是东西向构造体系与南北向构造体系截接和粤北山字型西翼北西向褶皱与新华夏系北北东向构造截接的部位, 即在两个十字交叉部位。晚阶段新华夏系构造是控矿构造。

(二) 矿化特征

1. 矿化带和矿体的形态产状

矿化带断续出现, 分枝、转弯明显。走向以北西为主, 倾向北东, 倾角 30° — 70° 。矿化带延长数公里, 延深几百米。矿化带的形态产状主要受断裂控制。

矿体于矿化构造带中多呈扁豆状、透镜状产出, 共有30多个矿体, 均为盲矿体。其中以产于上二叠统龙潭组中的Ⅷ号矿体, 以及产于下石炭统梓门桥段的Ⅳ号矿体矿石量最多。单矿体长几百米至几十米, 厚度小。

2. 矿石的物质成分

地层名称	地层柱	厚度(米)	岩性描述
三叠系	下统 大冶群	>60	灰岩, 薄层灰岩夹泥质灰岩
	上统 长兴组	80	下部灰黑色灰岩, 泥质灰岩, 上部浅色灰岩夹白云质灰岩
二叠系	上统 龙潭组	105	泥质岩, 砂质页岩, 砂岩互层, 夹灰岩, 炭质页岩和煤层
	中段	78	硅质灰岩, 砂质灰岩, 泥质灰岩互层夹砂岩, 下部夹透镜状铀矿体
	下段	25	炭质页岩, 泥岩夹粉砂岩, 煤层
石炭系	下统 茅口组	>50	灰白色灰岩夹白云质灰岩, 灰黑色灰岩
	中统 第四组	>50	断层接触
	第三组	400-450	灰白色灰岩夹灰黑色灰岩
	第二组	70	上部灰白色灰岩, 下部灰白色灰岩与白云岩互层
	第一组	230-270	灰白色厚层白云岩
下石炭统	梓门桥段 上亚段	80	灰黑色白云岩及灰岩夹层
	下亚段	50	灰黑色灰岩夹白云岩, 板岩和砂岩。中上部夹似层状铀矿体
	测水段	80	板岩、砂岩、灰岩、泥质灰岩局部发育铀矿化
	石磴子段	>120	灰黑色生物灰岩夹数层砂岩和页岩

图1 地层柱状图

(引自755队吴思明资料)

Fig. 1. The stratigraphic column.

表 1

岩石矿化学分析结果表

送样 编号	岩石矿物名称	地 层	采 样 程 编 号	工 号	分 析 结 果 (%)														
					U	Th	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	
344-2	泥质碳质灰岩	P ₂ c	ZK344—35米		0.0019	0.0015	38.79	3.01	6.43	24.99	2.51	0.068	0.265	0.94	0.12	20.34	0.083	0.44	
344-3	粉砂质钙质泥质岩	P ₂ l ³	ZK344—57.17米		0.0014	0.0024	57.72	6.53	13.46	6.95	2.24	0.078	0.449	2.85	0.39	5.70	0.13	0.53	
344-4	含钙质石英粉砂岩	P ₂ l ³	ZK344—63.32米		0.0012	0.0015	63.34	5.49	6.91	10.25	1.21	0.097	0.303	1.38	0.81	8.10	0.13	2.09	
344-5	微晶灰岩	P ₂ l ²	ZK344—249.42米		0.0007	0.0021	0.97	0.10	0.104	54.03	0.60	0.007	0.00	0.04	0.12	42.59	0.02	0.14	
370-2	碎裂砂岩	P ₂ l ³	ZK370—85米		0.0019	0.0010	63.83	3.12	2.60	15.90	0.74	0.030	0.152	0.33	0.08	11.85	0.061	0.94	
370-7	细粒钙质白云岩	C ₁ dz ^b	ZK370—204米		0.0001	0.0012	0.49	0.13	0.055	31.01	20.80	0.007	0.000	0.02	0.14	45.93	0.004	0.073	
370-8	碎裂钙质白云岩	C ₁ dz ^a	ZK370—216米		0.0008	0.0010	0.26	0.11	0.052	32.49	19.38	0.010	0.000	0.02	0.08	45.61	0.004	0.045	
370-9	碎裂钙质白云岩	C ₁ dz ^a	ZK370—218米		0.043	0.0016	0.14	0.18	0.050	31.73	20.25	0.008	0.000	0.02	0.05	46.20	0.004	0.041	
370-11	含沥青铀矿赤铁矿化 方解石化碎裂灰岩	C ₁ dz ^a	ZK370—242.65米		0.117	0.0025	5.11	3.40	2.43	47.38	1.02	0.036	0.082	0.45	0.08	36.70	0.032	2.34	
116-3	碎裂白云岩	C ₁ dz ^b	大田村西		0.0017	0.0017	0.29	0.11	0.074	32.49	19.50	0.012	0.000	0.02	0.05	45.47	0.010	0.051	
519-1	细粒灰岩	P ₂ l ²	ZK579—448.31米		0.0011	0.0012	0.44	0.10	0.225	49.02	5.34	0.006	0.003	0.02	0.05	43.94	0.018	0.095	
519-2	粗粒灰岩	P ₂ l ²	ZK579—451.23米		0.0066	0.0022	0.33	0.044	0.137	53.81	0.78	0.005	0.007	0.02	0.05	42.69	0.037	0.149	
519-4	含沥青铀矿赤铁矿化 方解石化碎裂岩	C ₁ dz ^a	ZK579—205 ⁴ / ₁₃		0.617	0.0043	0.59	0.25	0.405	40.79	11.44	0.012	0.007	0.02	0.08	43.78	0.009	0.115	
519-5	含沥青铀矿赤铁矿化 方解石化碎裂岩	C ₁ dz ^a	ZK579—205 ⁵ / ₁₃		6.88	0.016	1.82	0.72	1.02	35.62	11.27	0.018	0.042	0.02	0.05	39.13	0.022	0.265	
519-6	方解石化碎裂钙质白云 岩	C ₁ dz ^a	ZK579—205 ¹³ / ₁₃		0.045	0.015	0.31	0.15	0.198	34.65	17.77	0.009	0.000	0.02	0.07	45.45	0.009	0.125	
333-1	含铀赤铁矿化方解石 化碎裂白云岩	C ₂ sh ^{ta}	ZK333		0.0036	0.0016	0.13	0.093	0.030	31.15	21.07	0.010	0.005	0.02	0.05	45.29	0.013	0.032	

(分析单位: 第九实验室)

(1) 矿物成分 (表2)

沥青铀矿 为主要铀矿物。其分布广，多为浸染状、球粒状，部分为细脉状。沥青铀矿由 UO_2 (61.11%) 和 UO_3 (23.16%) 组成，含有 PbO (1.01%) 等杂质。据X射线粉晶分析，沥青铀矿为等轴晶系，晶胞大小 a_0 为 $5.44 \text{ \AA}$ (表3)。

矿石的矿物成分 表2

铀 矿 物		伴 生 矿 物		残留的围岩矿物	
主 要	次 要	主 要	次 要	主 要	次 要
沥青铀矿	钙铀云母、磷铀矿、铀黑、硅钙铀矿	方解石、赤铁矿、黄铁矿	迪开石、白铁矿、方铅矿	方解石、白云石	长石、石英

赤铁矿 主要呈微细的粉末状分布在含沥青铀矿赤铁矿化方解石化岩石中，在沥青铀矿的周围和沥青铀矿较多的地方，赤铁矿相应增多。

沥青铀矿 X 射线粉晶分析数据 表3

I	3	10	1	5	2	9	2	1	9	2	2	3	4	3	6	7
d	3.45	3.14	3.01	2.72	2.10	1.910	1.800	1.705	1.632	1.572	1.354	1.243	1.213	1.153	1.106	1.047

(分析单位：中国科学院地球化学研究所 Fe靶 晶胞 $a_0 = 5.44 \text{ \AA}$)

黄铁矿 为立方体和胶状，分布广泛，在沥青铀矿富集的地方，黄铁矿相对增多。
方铅矿 少量，微粒状，多与沥青铀矿共生。
迪开石 微粒状，与第一阶段微粒方解石分布在一起，X射线粉晶分析结果见表4。

迪开石 X 射线粉晶分析数据 表4

l	10	2	10	5	5	3	9	4	1	4K	2	6	2	4K
d	7.20	4.40	3.59	2.570	2.515	2.390	2.330	1.980	1.790	1.650	1.560	1.489	1.457	1.320

分析单位：中国科学院地球化学研究所 Fe靶

(2) 化学成分：矿石的化学成分取决于围岩成分。由于主要围岩是灰岩和白云岩，所以 CaO 、 MgO 含量较高，其次有 SiO_2 。

(3) 矿石类型

- ① 矿石自然类型：根据矿物成分和矿石的性质，分为四类：含沥青铀矿碎裂灰岩型、含沥青铀矿碎裂白云岩型、含沥青铀矿碎裂砂岩型、含沥青铀矿角砾岩型。
- ② 矿石工业类型：根据矿石成分及水冶试验结果，矿石中物质成分简单，沥青铀矿与方解石、赤铁矿、黄铁矿、迪开石、方铅矿共生，虽钙、镁含量高，但水冶性能良好，据此确定为高碳酸盐-单铀矿石类型。

(三) 围岩蚀变

热液成矿作用过程的蚀变作用有方解石化、赤铁矿化、黄铁矿化、迪开石化，局部有与铀矿密切有关的红色化。这些蚀变沿构造破碎带发育，无分带现象。

1. 方解石化：方解石化作用广泛而强烈，成矿期有两次方解石化，成矿前和成矿后都有方解石化。第一成矿阶段的方解石化普遍和强烈，沿着破碎带发育而成带状。它是由微粒的方解石沿着裂隙和微裂隙交代原岩矿物，交代强烈的地方，围岩残留呈角砾状。第二成矿阶

段的方解石化作用不普遍,沿裂隙交代充填,所形成的方解石为不规则的细粒状,大小为0.4—1毫米或更大些,在较宽的脉中,脉边缘的方解石细些,为0.4—0.6毫米,脉中间粗些,为0.8—1毫米。此期方解石胶结围岩角砾(照片1),并切割第一阶段含沥青铀矿赤铁矿化方解石脉(照片2)。

2. 赤铁矿化:是伴随第一成矿阶段方解石化的蚀变,粉末状的赤铁矿分布于微粒的方解



照片1 第二阶段含沥青铀矿(黑色)黄铁矿化方解石(白色)胶结围岩角砾

正交偏光 $\times 44$ (398-1)

照片2 第一阶段含沥青铀矿赤铁矿化方解石脉(1)被第二阶段含沥青铀矿黄铁矿化方解石脉(2)切割

正交偏光 $\times 80$ (398-1)

石集合体中,它们一起交代围岩。赤铁矿化强铀就富。

3. 黄铁矿化:是主要伴随第二成矿阶段方解石化的蚀变。第一成矿阶段也有黄铁矿化,黄铁矿与方解石等一起交代围岩。

4. 迪开石化:是伴随第一成矿阶段的蚀变,分布在微粒方解石中,也呈细脉状和微粒方解石一起胶结围岩的角砾。

二、成矿作用

(一) 花岗岩的控矿作用

铀的来源与周围的燕山期花岗岩浆活动有关,现从以下几方面加以论证。

1. 矿床四面都有花岗岩,且紧靠燕山期花岗岩体,矿床内亦有花岗岩的岩脉和小岩株。区内矿床和矿点多产于花岗岩体外接触带,尤其是矿体多富集在燕山晚期小岩体外接触带和晚期煌斑岩脉的附近,两者在空间分布上关系密切。矿床周围燕山期花岗岩富含铀,铀含量为一般花岗岩的克拉克值(0.00035%)3—5倍,并且由早期至晚期铀含量增高(表5)。

2. 矿床内伴随铀矿化有迪开石化,众所周知,迪开石化主要与火成岩有关。迪开石在第一成矿阶段中,与微粒方解石和沥青铀矿等共生。

3. 区内石炭系和二叠系、三叠系铀含量均很低。矿区内上述岩层中五十多个岩样分析结果,铀含量为0.0001—0.0019%,平均为0.0009%,比花岗岩低得多。而新鲜的岩石铀含量更低,如表1中370-7为下石炭统梓门桥上段的新鲜的细粒钙质白云岩,破碎不明显,铀

燕山期花岗岩铀钍化学分析
平均值(%) 表 5

阶 段	岩 浆 岩	样品数	U	Th
$\gamma_6^{2(3)}$	中粒斑状黑云母花岗岩	2	0.0011	0.0039
γ_6^3	细粒二云母花岗岩	4	0.0019	0.0028

(分析单位: 第九实验室)

含量为0.0001%。相反, 岩石破碎并发育有后来的方解石等, 铀含量(0.0022~0.0033%或更高些)比新鲜岩石高, 无疑, 有铀的带入。

4. 铀矿化系含铀热液沿破碎带和裂隙交代充填的结果, 围岩被交代后残留成孤岛状和角砾状。交代充填作用越强, 残留的围岩越少, 几乎全由沥青铀矿、赤铁矿、黄铁矿、迪开石、方解石等代替。含铀热液还沿裂隙扩散

充填交代形成细脉状(照片1、2)和浸染状铀矿化。

5. 铀矿化期与石炭纪、二叠纪地层时差较大, 铀成矿属燕山晚期, 而又晚于矿床内及其周围的燕山晚期花岗岩体。从两方面可以证明: 一是控制铀矿化的构造切割燕山晚期的岩脉; 二是测得沥青铀矿年龄为70百万年(表6), 晚于燕山晚期岩体年龄(表7), 并且成矿年龄与燕山期最晚阶段花岗岩年龄相近, 可以认为铀矿化是燕山期花岗岩浆演化的延续。

沥青铀矿年龄分析值 表 6

样号	U%	Pb%	Pb ²⁰⁴ %	Pb ²⁰⁶ %	Pb ²⁰⁷ %	Pb ²⁰⁸ %	年 龄 (百万年)			
							Pb ²⁰⁶ /U ²³⁸	Pb ²⁰⁷ /U ²³⁵	Pb ²⁰⁷ /Pb ²⁰⁶	采用值
755	77.18	1.12	0.44	72.00	10.29	17.27	70	119	252	70

(分析单位: 中国科学院贵阳地球化学研究所)

(二) 构造控矿作用

本区构造对成矿起着极其重要的作用。东西向构造体系控制了提供铀矿液的燕山期花岗岩浆活动, 矿区内燕山期晚阶段石英斑岩岩株和岩脉, 煌斑岩岩墙沿着东西向构造带发育。新华夏系晚阶段各组断裂提供了铀矿化富集的场所, 本矿区内北北东、北西、北北西向断裂都有铀矿化, 只是铀的富集程度各有不同。北北东向压扭性断裂控制的铀矿化, 区内有

矿区周围燕山期花岗岩体
(钾-氩法)年龄值 表 7

期	代号	岩 性	样品	年龄值(百万年)
早 期	$\gamma_6^{2(1)}$	黑云母花岗岩	黑云母	178
	$\gamma_6^{2(1)}$	黑云母花岗岩	黑云母	180
	$\gamma_6^{2(1)}$	黑云母花岗岩	黑云母	186, 175
	γ_6^2	中粒黑云母花岗岩	黑云母	168
晚 期	γ_6^3	细粒二云母花岗岩	白云母	158
	γ_6^3	细粒二云母花岗岩	白云母	145
	γ_6^3	花 岗 斑 岩	黑云母	138
	γ_6^3	细粒黑云母花岗岩	黑云母	130
	γ_6^3	花 岗 斑 岩	黑云母	125
	$\gamma_6^{3(2)}$	花 岗 斑 岩	黑云母	95

引自1/50万和1/20万地质图说明书资料

113、116、155等矿点, 虽然在主压扭面局部矿化较强, 但只在其次级张扭性断裂中才形成矿体。目前勘探资料表明, 在这组构造中铀未能形成矿床。矿区内控矿构造主要是北西—北西西、北北西向张性和张扭性断裂, 新华夏系晚阶段张性结构面追踪利用早期构造的F₁断裂带, 控制了大部分矿体, F₅断裂控制了部分矿体。坑道中见到F₅断层当其走向为北北东显压扭性时, 主构造带中虽有矿化, 但无矿体, 而只在其次级张扭性断裂中或局部张开的地段才富集成矿体; 然而, 当其走向转为南北至北北西向扭张性时, 则在主断裂带中赋存了厚大的矿体(图2)。61线569孔中产于下石炭统梓门桥段IV号矿体, 与产于上二叠统龙潭组的Ⅶ

号矿体交汇于同一构造带中。这种产于不同层位且矿化形式相同的两个矿体交汇复合于同一断裂带中的现象,说明矿化主要受断裂破碎带控制。

总而言之,铀矿化富集作用严格受构造控制,并且构造性质控矿作用十分明显,张性或扭张性断裂控制了大部分矿体,压扭性断裂由于紧闭,对矿化富集不十分有利。

(三) 热液活动阶段

根据热液活动的产物互相切割关系(照片2)和矿物生成顺序,确定热液活动至少有四个阶段,除两个成矿阶段外,还有成矿前和成矿后各一个阶段(表8)。第一成矿阶段,由于

微粒方解石集合体中有粉末状赤铁矿而显红色。沥青铀矿为浸染状、星点状、不规则状、球粒状(照片3、4)。铀除以沥青铀矿存在外,还呈微细的分散状分布在微粒方解石集合体中。

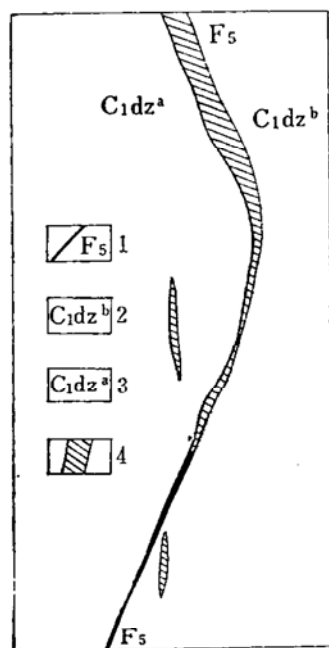


图2 坑道中 F_5 断层控矿示意图

1—断层; 2—下石炭统梓门桥上段; 3—下石炭统梓门桥下段; 4—矿体

Fig. 2. Sketch showing ore body controlled by a fault (F_5) in a gallery.

表8

矿物名称 及世代	阶段	成矿期			成矿后
		成矿前	一	二	
		白色方解石阶段	赤铁矿-方解石-沥青铀矿阶段	黄铁矿-方解石-沥青铀矿阶段	方解石阶段
方解石	一世代	—	—	—	—
黄铁矿	一世代	—	—	—	—
微粒方解石	二世代	—	—	—	—
赤铁矿	一世代	—	—	—	—
沥青铀矿	一世代	—	—	—	—
黄铁矿	二世代	—	—	—	—
白铁矿	—	—	—	—	—
方铅矿	一世代	—	—	—	—
迪开石	—	—	—	—	—
黄铜矿(?)	—	—	—	—	—
细粒状方解石	三世代	—	—	—	—
黄铁矿	三世代	—	—	—	—
沥青铀矿	二世代	—	—	—	—
方铅矿	二世代	—	—	—	—
方解石	四世代	—	—	—	—
黄铁矿	四世代	—	—	—	—
赤铁矿	二世代	—	—	—	—

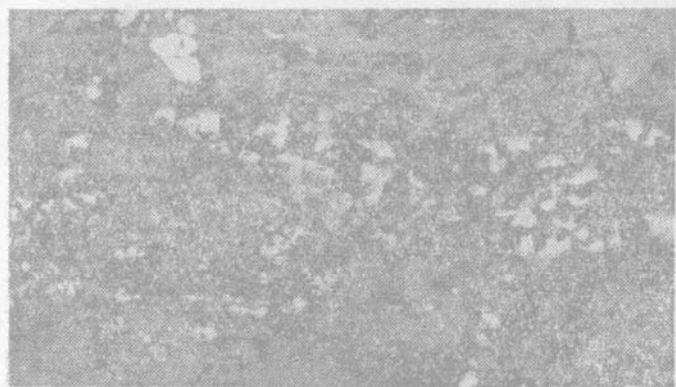
这一阶段矿化由扩散充填交代方式形成,范围较广。矿物共生组合为方解石-赤铁矿-沥青铀矿-黄铁矿-方铅矿-白铁矿-迪开石-黄铜矿(?)。第二成矿阶段铀含量较高,主要以沥青铀矿产出,沥青铀矿为细脉状(照片2)、环状、球粒状,以充填方式形成,分布不广。矿物共生组合为方解石-黄铁矿-沥青铀矿-方铅矿。

(四) 成矿温度

上述两个铀成矿阶段的产物,具有中低温热液矿物共生组合特征。根据第二成矿阶段方解石中气液包体特征(气液包体呈圆形、椭圆形和不规则状,大小为0.0038—0.015毫米,气液比为10—20%,测温结果为105—138℃和198—210℃^①)说明成矿温度为中低温。

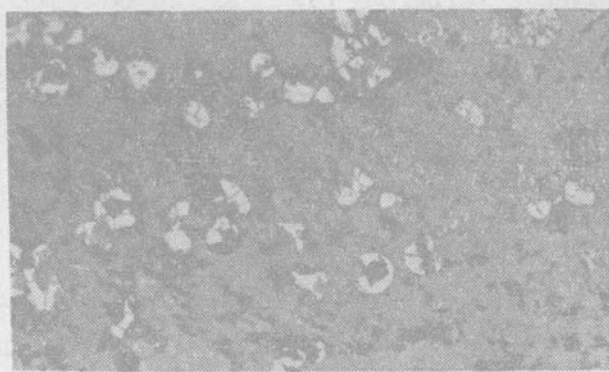
综上所述,114铀矿床成因类型为产于碳酸盐岩断裂破碎带中的中低温充填交代单铀矿床,为沥青铀矿-方解石建造。

① 北京铀矿地质所均一法测定。



照片 3 第一阶段星点状、不规则状沥青铀矿
(灰白色)、立方体黄铁矿(白色)

单偏光 $\times 162$ 519-5



照片 4 第一阶段球粒状、不规则状
沥青铀矿

单偏光 $\times 162$ 519-5

工作中得到矿区的汤国鑫、吴子良、王大同、刘霞飞、胡效兰等同志的帮助。矿区构造工作是力学所王汉卿同志共同进行的。覃慕陶高级工程师对本文提出过宝贵的意见,周仁沾高级工程师和唐树敏同志修改了英文摘要,在此表示衷心感谢。

GEOLOGIC FEATURES AND MINERALIZATION OF THE 114 URANIUM ORE DEPOSIT

Liu Shixian

(Geological Institute, Geological Bureau of Guangdong Province)

Abstract

The uranium ore deposit in question, generally considered to be a meso-epithermal monomineralic U-deposit, is situated in the area where the Dadongshan-Guidong subzone of Nanling E-W tectonic zone, the west flank of northern Guangdong C-type structure, a N-S structure and the Neocathaysian tectonic systems overlap each other. Ore bodies mainly occur in carbonate rocks of the Carboniferous and Permian strata and are controlled by the NW trending tensile fractures of the Neocathaysian.

The mining area is surrounded by the Yenshanian granites; within this area there exist rhyolite-porphyry of unknown age and lamprophyre dikes, quartz-porphyry dikes and small bodies of late Yenshanian period.

Uranium concentration is controlled by the late Neocathaysian structure, mainly by the NW trending tensile fracture zone and its adjacent interformational fracture zone, along which lenticular ore bodies were formed.

Of all minerals in ore, only uranium minerals are useful, and pitch blende

is the principal one. Associated with it are calcite, hematite, pyrite, galena, marcasite and dickite of the first mineralization stage, and calcite, pyrite and galena of the second mineralization stage.

Calcitization, hematitization and pyritization took place during the uranium hydrothermal mineralization process, the first one being relatively strong and widespread. In addition, there is also redization caused by radioactivity.

It is believed that Uranium was provided by Yenshanian granites in that the granites surrounding the ore deposit contain much more uranium (0.0011—0.0019%) than Carboniferous, Permian and Triassic strata in the mining area (averaging 0.0019%). Homogenization temperatures of gaseous-liquid inclusions in the second mineralization stage calcite, presumably the ore-forming temperatures, range from 105°—210°C. Pitchblende has been dated at 70 m. y., pertaining in time to late Yenshanian movement.

<http://www.kcdz.ac.cn/>