

某新第三系盆地含铀的锆矿床的成矿特征 及其成因探讨

白云生

(华东 268 大队)

我们在某新第三系盆地进行以铀为主, 兼顾其它有用矿产的勘探工作中, 落实了一个大型的含铀锆矿床。经工艺流程试验, 锆铀均能综合利用。为了更好地认识、研究和寻找此类矿床, 笔者特将该矿床的成矿特征及其肤浅认识简介于下, 以供读者和从事此类矿床的研究者们参考。

一、矿床地质简况

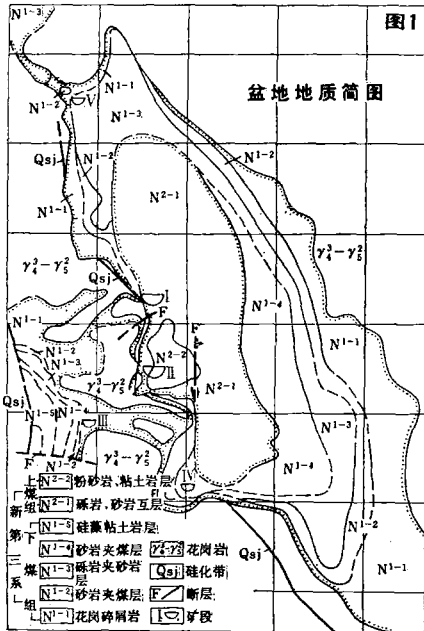
某新第三系盆地位于我国西南三江经向构造体系, 盆地最长 9 公里, 最宽 3 公里, 面积约 16.4 平方公里, 轴向北西 330° (图 1)。海西~燕山期 (γ_4° ~ γ_2°) 花岗岩体 (岩基) 为盆地基底, 主体为中粗粒黑云母花岗岩, 补体为中细粒二云母花岗岩和细粒白云母花岗岩。

盆地盖层为新第三纪河流—湖泊相沉积, 厚 1141 米, 与基底花岗岩呈沉积不整合接触。盖层的新第三系可分为两组 (图 2)

下含煤碎屑岩组 (N^1) 分布广泛, 占整个盆地面积的 60~70%, 厚 755 米, 从下至上细分五层。第一层花岗碎屑岩层 (N^{1-1}): 残坡积相沉积, 厚 0~216 米, 分布在盆地边缘及低洼部位, 为基底花岗岩的风化产物就地或稍加搬运堆积而成, 对基底起补洼填平作用。顶部富含炭质和有机质, 是较差的锆、铀含矿层位。第二层砂岩夹煤层 (N^{1-2}): 湖沼相沉积, 厚 0~170 米, 下部为中粗粒含炭砂岩夹煤 1~5 层, 一般单层煤厚 1~4 米。局部夹 1~2 层燧石层。中部和上部为中细粒砂岩夹粘土质粉砂岩及薄煤层。含炭量从下至上逐渐减少。本层为主要含锆层位, 底部含铀。第三层砾岩夹砂岩层 (N^{1-3}): 河流相沉积, 厚 0~60 米, 为复成分砾岩, 局部夹砂岩和煤层 (线), 交错层理发育。第四层砂岩夹煤层 (N^{1-4}): 湖沼相沉积, 厚 0~247 米, 常含铁质结核, 煤层较薄, 多呈透镜状。第五层硅藻粘土岩层 (N^{1-5}): 湖泊相沉积, 厚 0~42 米, 仅个别地段出露。

上含煤碎屑岩组 (N^2) 厚 386 米, 与下伏下含煤碎屑岩组一般呈平行不整合接触, 盆地西部常呈超复接触。细分两层: 第一层砾岩和砂岩互层 (N^{2-1}): 河流相沉积, 厚 0~310 米, 为复成分砾岩和中细粒长英砂岩, 夹薄煤层 (线)。第二层粉砂岩和粘土岩层 (N^{2-2}): 湖泊相沉积, 厚 0~75 米, 盆地中心局部出露。

盆地内广泛分布着第四系残积、坡积和冲积物。



地层界	组	代号	厚度米	柱状图	岩性	岩相	铀锆矿化
新第三系	上含煤碎屑岩组	N ²⁻³⁰	20	[Symbol]	坡积、残积、冲积物	坡冲	
		N ²⁻²⁹	75	[Symbol]	粉砂岩、粘土岩互层,含铁质结核及植物化石	湖泊相	
		N ²⁻²⁸	311	[Symbol]	砾岩砂岩互层夹可采煤二至三层,韵律清楚	河流相	
	下含煤碎屑岩组	N ²⁻²⁷	62	[Symbol]	硅藻粘土岩	湖泊相	
		N ²⁻²⁶	247	[Symbol]	砂岩夹粉砂岩,粘土岩及砾岩透镜体,含铁质结核及煤层	湖泊相	
		N ²⁻²⁵	60	[Symbol]	砾岩夹砂岩	河流相	
		N ²⁻²⁴	170	[Symbol]	砂岩粉砂岩夹可采煤数层,下部含炭砂岩,局部有砾岩、砾石透镜体和植物化石	湖泊相	主要含矿层,上部铀矿化
		N ²⁻²³	216	[Symbol]	花岗岩碎屑岩	坡相	顶部铀矿化,残位锆矿次之
		N ²⁻²²	216	[Symbol]	花岗岩碎屑岩	坡相	顶部铀矿化,残位锆矿次之
		N ²⁻²¹	216	[Symbol]	花岗岩碎屑岩	坡相	顶部铀矿化,残位锆矿次之
海西燕山	γ ₂ —γ ₃		[Symbol]	中粗粒黑云母花岗岩			

图 2 盆地地层柱状图

盆地构造简单,为不对称山间向斜盆地,东翼宽,西翼窄。产状东翼缓,西翼陡。盖层一般与基底花岗岩为沉积接触,仅西部边缘个别地段为断层接触。盆地西部基底花岗岩中断裂构造十分发育,多表现为硅化破碎带,在成矿地段未影响盖层,盖层中仅见少数平推断层及现代垮塌。

二、矿床成矿特征

(一) 锆矿体特征

1. 锆矿体主要赋存在N¹⁻²煤层中,其次产在N¹⁻²煤层间的含炭砂岩和N¹⁻¹顶部的含炭花岗质砂岩中。

2. 锆矿体均赋存在盆地西部边缘具封闭或半封闭环境的基底古地形凹陷、沟谷和拐弯处,尤以沿花岗岩蚀源区一侧为佳(图3)。矿体一般分布在剖面上距基底花岗岩0~50米,平面上距盆边花岗岩0~400米范围内,超过这范围矿化变贫或无矿。

3. 矿体出露标高为海拔1300~1700米,埋藏深度0~440米。同一岩层中的同一矿体,其厚度、品位一般不随埋藏深度的变化而变化。

4. 矿体往往成群重叠出现,各矿段都有几个主矿体,主矿体集中了70~80%的储量。产于煤层中的矿体为层状或似层状(图4),矿体规模大,一般走向长100~400米,倾向宽100~300米。矿体产状与岩层产状完全一致,一般盆边陡,往盆地中心逐渐变缓。产于N¹⁻¹顶部含炭花岗质砂岩及N¹⁻²底部含炭砂岩中的矿体规模小,多为透镜状和扁豆状。

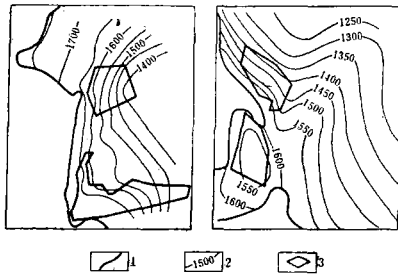


图3 矿化与基底古地形关系示意图
1—花岗岩出露地表界线；2—花岗岩基底等高线；3—锆矿体

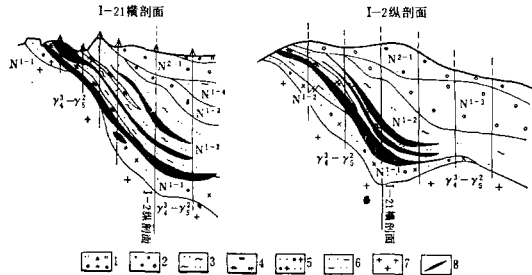


图4 勘探剖面示意图
1—残积坡积物；2—砾岩；3—粘土质粉砂岩；4—燧石；5—花岗岩碎屑岩；6—含炭砂岩；7—花岗岩；8—矿体

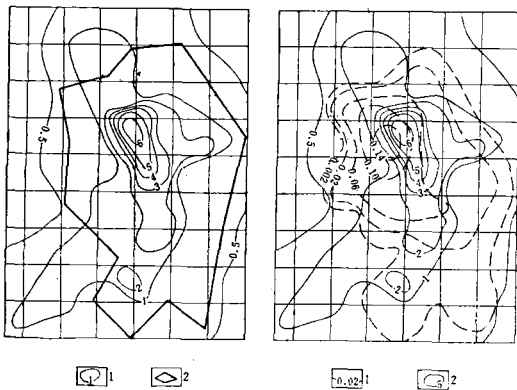


图5 锆矿体与煤层厚度关系示意图
1—煤层等厚线；2—锆矿体
图6 锆矿化与煤层关系示意图
1—锆等品位(%)线；2—煤层等厚线

5. 含锆煤层厚度一般1~4米，局部可达6~7米。锆矿化的厚度、品位明显随煤层厚度的变化而变化。若煤层厚度稳定，锆矿化的厚度、品位也较稳定。若煤层厚度变大，锆矿化厚度也增大，品位亦变高。反之锆矿化厚度减小，品位变贫（图5、图6）。主要矿化地段N¹⁻²地层中常常是有煤就有锆矿化，且煤层厚度就是锆矿体的厚度，煤层分布的范围亦即是锆矿体的范围。

(二) 锆矿石类型

1. 锆褐煤型矿石：产在煤层内呈层状或似层状的矿体中，以矿床底部的矿体中的质量最好。含锆褐煤为半暗煤和半亮煤，镜下定为弱丝炭亮煤质暗煤、丝炭亮煤质暗煤

和强丝炭亮煤质暗煤。锆富集部位常有粉末状黄铁矿星散分布或组成不规则的集合体。矿石中锆的平均品位一般为0.0n%，单样最高品位可达0.375%。是矿床最主要的矿石类型。

2. 含锆花岗质砂岩型矿石：产在矿床最下部呈透镜状或扁豆状的矿体中。矿石呈灰黑色，具粗粒砂质结构，较松散。主要碎屑矿物为长石、石英、黑云母和绢云母，含较多的炭质和植物碎片，炭呈粉末状和碎片状不均匀地分布，含量可达5~15%。锆的平均品位0.0n%。为次要矿石。

3. 含锆砂岩型矿石：产于煤层间呈透镜状和扁豆状产出的矿体中。矿石呈深灰至灰黑色，中粗粒砂质结构，主要碎屑矿物为长石和石英，胶结物为泥质、炭质和有机质，炭质和有机质含量大于10%。矿石中锆的平均品位为0.0n%，为次要矿石。

(三) 锆和铀的赋存状态及其变化规律

1. 锆的赋存状态：以吸附状态和腐殖酸盐的形式存在于各种矿石之中。吸附状态存在的依据：①锆存在于含炭花岗质砂岩和含炭砂岩的胶结物中，碎屑物中不含矿；②炭、有机质和黄铁矿是锆的有利吸附剂，锆含量与这些物质的含量成正变关系；③煤在凝胶化作用中

能吸附大量的锆，含矿煤中凝胶化半凝胶化组分含量为74~89.8%。锆的腐殖酸盐存在的依据：①矿床不同深度的煤中均含有一定量的腐殖酸(0—30米腐殖酸含量0.17—1.47%，30米以下腐殖酸含量4.05~16.58%)；②含锆褐煤破碎至10毫米，用2%的H₂SO₄浸泡6小时，锆的浸出率为40%。

2. 铀的赋存状态：①吸附状态为主：显微照相α踪迹均小于40毫米，呈疏散状态；含铀褐煤电渗析率40~50%；用含铀3.9×10⁻⁵%、pH=6的泉水淘洗重砂后放24小时，水的pH降至2~3，铀含量增至N×10⁻²%。②含铀腐殖酸铀酰有机化合物：矿床不同深度的煤中含有一定量的腐殖酸，矿石在弱酸中浸出率高(2%的H₂SO₄中浸出率为78.7~93.7%)，在碱性溶液中浸出率高低不等。③铀矿物：沥青铀矿及铀黑，沥青铀矿氧化较强，有的氧化成铀黑，反射率8~12%，为细小的胶状圆粒(0.05~0.5毫米)，星散分布在由有机质碎屑集合体与粘土、黄铁矿组成的微层中，X射线粉晶分析，晶胞常数接近铀黑。

3. 锆铀的变化规律：锆矿化一般不受围岩的透隔水性性质所影响。根据钻孔资料，无论在透水层还是隔水层中的N¹⁻²煤层均有锆矿化存在(图7)。而铀矿化与围岩的透隔水性性质关系十分密切，产在两隔水层间的N¹⁻²煤层未发现有铀矿化存在。

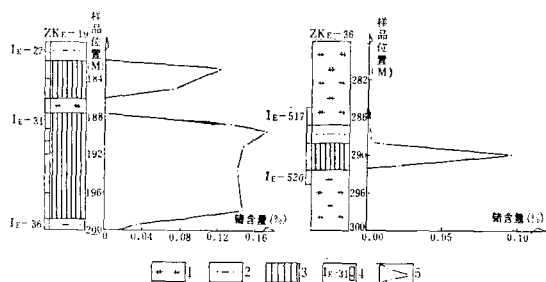


图 7 燧石层(隔水层)与锆矿化关系示意图

1—燧石层；2—含炭砂岩；3—含矿煤层；4—样品及编号；5—锆含量曲线

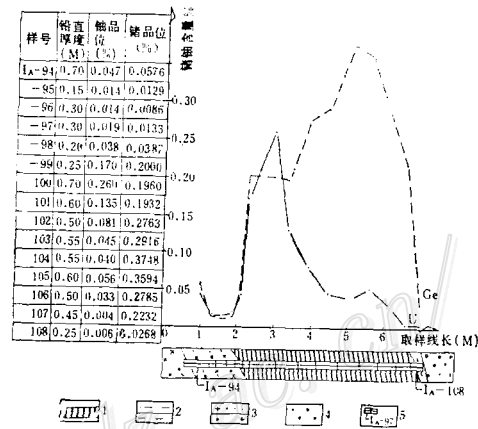


图 8 铀锆相关曲线图

1—半亮型及半暗型煤；2—含炭粉砂岩；3—含炭花岗岩碎屑岩；4—砾岩；5—取样线及样品编号

N¹⁻²底部的煤层距基底花岗岩近，厚度大，一般锆矿化最佳，且常有铀矿化同时存在，形成锆铀复合矿体，铀矿体多产在锆矿体的底部，锆矿体比铀矿体的规模大，范围广，品位和厚度亦较稳定。从露天采场取样分析的结果，锆铀含量大致存在如下关系(图8)：当锆含量在0.020~0.250%时，两者表现为正相关关系，即锆铀含量同时增高或降低。当锆含量大于0.25%时，两者为负相关关系，即随锆含量增高，铀含量反而降低。在许多钻孔中也常见到类似的情况。

三、矿床的成矿控制条件及其成因探讨

(一) 矿床的成矿控制条件

1. 基底花岗岩为矿床成矿提供了丰富的锆矿源：矿源是成矿的先决条件。基底花岗岩

为成矿提供丰富锆矿源的依据如下：①取样分析结果，基底花岗岩中锆的平均含量为 3×10^{-6} （表1），高于酸性岩正常值 1.4×10^{-5} （A. II. 维诺格拉多夫，1963年）两倍多。②距基底花岗岩近的岩石、煤层比远离基底花岗岩的岩石、煤层的平均锆含量高（表1、表2）。③构成盆地基底和四周环山的花岗岩体自形成后，长期上升隆起，遭受强烈的风化剥蚀，风化壳厚一般10—20米，局部大于50米。锆元素既可以经地表水长期洗刷带入盆地，又可为植物吸取，随古植物一道带入盆地。④勘探工程中揭露的锆矿体一般距基底花岗岩0~50米。

矿床各岩层主要岩石的平均锆含量统计

表 1

岩层代号 岩性	$\gamma_4^3 - \gamma_5^2$	N^{1-1}	N^{1-2}			$N^{1-3} - N^{2-1}$		
	花岗岩	花岗碎屑岩	粘土岩	砂岩	燧石	粘土岩	砂岩	砾岩
样品数(个)	13	69	116	104	4	7	109	35
锆含量	3×10^{-6}	7×10^{-6}	8×10^{-6}	1×10^{-5}	2×10^{-6}	4×10^{-6}	4×10^{-6}	3×10^{-6}

矿床各层位煤层的平均锆含量统计

表 2

项目 层位	N^{1-2}	N^{1-3}	N^{1-4}	N^{2-1}
样品数(个)	118	10	53	24
锆含量	491×10^{-6}	5×10^{-6}	6×10^{-6}	3×10^{-6}

（表1、表2根据I号矿段0、II号剖面钻孔系统取样分析结果统计而得，矿化样品参加了统计）

2. 有利的水文地球化学条件保障了矿床成矿的物质供应：①本区地表水质为 $\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{K}^+ + \text{Na}^+$ 型水， K^+ 、 Na^+ 反映了与花岗岩的关系。水的 $\text{pH} = 5.1 \sim 8.1$ ，为弱酸至弱碱性水，对花岗岩中的锆（铀）有较强的溶解能力。②矿床所处地区为亚热带半潮湿气候区，雨量充足，温差变化较大，有利于花岗岩风化壳和氧化带的发育。③盆地四周为花岗岩环绕，有比盆地盖层面积大四倍的汇水面积，四周汇水范围内的花岗岩既是主要物质的蚀源区，又是矿床地下水的补给区，通过水动力作用，为盆地锆（铀）成矿源源不断地运送了成矿物质。

3. 盆地新第三纪底部含炭、含煤地层是锆成矿的有利层位：①盆地新第三纪底部含炭、含煤地层离基底花岗岩近，有充足的锆矿来源。它富含炭质、有机质和黄铁矿等物质，这些物质对锆元素有较强的吸附能力，在沉积成岩阶段，甚至成岩以后都有利于锆在这些层位中富集。②根据岩性特征，盆地新第三纪底部含炭含煤地层是良好的隔水层，地下水难以在其中渗透，使沉积成岩阶段形成的锆矿体能得到较好的保存，在矿床勘探工作中，所揭露的锆矿体均在这些层位中。

4. 基底古地形对成矿起了定位的作用：在盆地内并非任何地段、任何部位都能成矿。东翼一方面由于基底平缓，成矿物质难以汇聚，另一方面地壳处于相对隆起的强氧化环境，古植物被氧化破坏，故煤层不发育，也未发现好的矿化地段。西翼基底较深，起伏不平，存在一系列封闭或半封闭的盆缘凹陷、沟谷和拐弯等古地形，这些部位的环境相对较稳定。沉

积阶段, 沉积物还未很好固结, 含有丰富锆元素的地下水又可以相对集中和停留在这些部位, 一方面锆元素被炭质、有机质等吸附, 另一方面随成煤作用, 一部分锆生成了腐殖酸盐被保存下来。因此具封闭或半封闭环境的基底盆缘凹陷、沟谷和拐弯等古地形是成矿的有利地段, 对锆成矿起了定位作用。

5. 盆地新第三纪底部含煤地层的成煤作用控制着锆成矿的全过程: ①泥炭生成阶段的成矿作用: 新第三纪早期, 在盆地低洼部位堆积了花岗岩碎屑以后, 处于相对稳定和相对动荡交替, 即沼泽和湖泊交替的环境。此时气候炎热多雨。在相对稳定的沼泽期间, 盆地边缘高大的树木繁生, 盆地中也长满了杂草, 它们饱取了流水从花岗岩风化壳及残坡积物中迁入盆地的丰富锆元素以后, 因死亡而堆积在沼泽之中。由于沼泽多分布在盆缘基底凹陷、沟谷和拐弯等水流不畅的部位, 所以处于还原环境, 发生厌氧细菌的分解和复杂的有机化学作用。此过程中, 有机质进一步从汇聚在这些部位的水中吸附大量的锆, 有的生成了腐殖酸盐。这些新生物质与植物残体和地表流水带入沼泽的泥砂等一道沉积下来, 便形成了含锆丰富的泥炭。②褐煤生成阶段的成矿作用: 含锆的泥炭随盆地沉降, 其上的沉积物不断加厚, 因此温度也逐渐升高, 压力逐渐加大, 细菌的作用越来越小, 泥炭中有机质的元素成分和分子结构发生了一系列的变化, 其中氢、氧、氮等元素减少, 而碳含量相对富集, 有机物质分子的聚合程度逐渐增高, 同时物理性质和化学工艺性质也相应发生了一系列变化, 这样泥炭就变成了褐煤。同时, 在岩石不断固结的过程中, 孔隙水使物质再迁移和再分配, 于是有机质和碳质等又进一步吸附了大量的锆, 并生成了较多的腐殖酸盐。这就大大地提高了煤中的锆含量。此阶段以后, 褐煤不再发生变化, 锆的成矿作用也基本结束。煤层间胶结致密、孔隙度非常微小的泥质粉砂岩、粘土岩和燧石层成了阻止地下水渗透的良好隔水层, 使锆矿体不遭破坏而得以保存。

必须指出, 该矿床的形成是上述诸方面因素综合作用的结果。

(二) 矿床成因探讨

根据锆矿化严格受层位控制, 尤其受 N^{1-2} 湖沼相地层中的煤层控制, 锆的成矿作用与成煤作用密切相关; 矿体与围岩产状一致; 煤层中矿体规模大, 形态为层状或似层状; 顶底板为隔水层的煤层中含矿; 矿化不受埋藏深度即不受现代矿床的水文地球化学条件的影响; 锆以吸附状态和腐殖酸盐的形式存在等等, 笔者认为该锆矿床为沉积~成岩型矿床。矿床的形成主要经历了沉积和成岩两阶段的成矿作用。

沉积阶段: 在盆地早期泥炭沼泽化和湖泊交替的环境中, 经流水和古植物等作用, 锆元素从花岗岩风化壳及残坡积物中搬入盆地以后, 经有机质吸附和腐殖酸等作用, 与其它沉积物一起同时沉积下来, 为形成矿床奠定了良好的基础。

成岩阶段: 随泥炭沼泽化的沉积物逐渐被复盖, 温度升高, 压力加大。在成岩作用中, 孔隙水使物质迁移和重新分配, 在强烈的凝胶化(成煤)作用下, 煤层(包括部分炭质、有机质)中进一步吸附了大量的锆元素, 并产生了腐殖酸盐。

笔者在此并不完全排斥成岩以后的后生富集作用对矿床的改造有一定的影响, 但对锆矿的富集的确是十分次要的, 而对铀矿的富集就显得重要多了。

参 考 文 献

- 〔1〕 中国矿业学院煤田地质勘探教研室 1979 煤矿地质学 煤炭工业出版社
〔2〕 F. M. 斯温〔美〕著 钱吉盛、胡伯良译 1979 陆相有机地球化学 科学出版社
〔3〕 长春地质学院 1964 放射性元素矿物学和地球化学 中国工业出版社
〔4〕 栾世伟 1964 稀有元素矿床学 成都地质学院

**METALLOGENY AND MINERALIZATION CHARACTERISTICS
OF A URANIFEROUS GERMANIUM DEPOSIT
IN A CERTAIN NEOGENE BASIN**

Bai Yunsheng

(268 Geological Team of Eastern China)

Abstract

The Neogene basin in question is an intermountainous basin with a Hercynian-Yenshan granitic body ($\gamma_1^4-\gamma_2^6$) as its basement. Its overlying strata are made up of the lower zu (N^1) and upper zu (N^2) of coal-bearing clastic rocks of Neogene period, the lowest part of the former zu acting as the main ore-bearing bed. Germanium ore bodies mostly occur within the coal seam as stratiform or stratoid layers, cropping out 1300-1700m above sea level and hidden 0-400m beneath the surface. They are present primarily in basement paleodepressions, valleys and turns along the margin of the basin close to the basement granite where closed or semiclosed environments are known to have prevailed. Ore bodies correspond rather closely to the coal-seam in thickness and boundaries. Germanium ore is chiefly of germanium-lignite type, having a grade of 0.0n% for a single sample. Germanium occurs in coal mainly in the form of absorbed substance or salts of humic acid whereas uranium is often identified in the coal-seam at the bottom of N^{1-2} as absorbed substance, uranyl of humic acid, pitchblende, black uraniferous ore, etc. Germanium ore and uranium ore constitute composite ore bodies with the uranium ore body underlying the germanium ore body. Germanium ore body is large and wide compared with uranium one. It also has relatively stable grade and thickness.

The ore deposit apparently possessed several geological conditions favorable for mineralization: 1) The basement granite could provide the ore deposit with abundant germanium; 2) the hydrogeochemical conditions ensured the

supply of ore material for mineralization; 3) the strata containing organic carbon and coal were positions favoring ore formation; 4) the basement paleotopography determined the location of the ore deposit; and 5) the incoaling of coal-bearing strata at the bottom of N¹ controlled the whole process of germanium mineralization.

The author holds that this germanium deposit is of sedimentary-diagenetic origin which has undergone principally two stages of mineralization—sedimentation and diagenesis. During the deposition of peat and the formation of lignite, germanium was carried by running water and paleoplants into the basin where it was partly absorbed by organic materials or carbon, some of which formed salts of humic acid.

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