

·矿产资源评价·

文章编号: 1671-1947(2001)03-0172-04

## 辽东不整合脉超大型铀矿床找矿前景分析

张振强, 曲先良

(核工业沈阳 240 研究所, 辽宁 沈阳 110032)

**摘 要:** 不整合脉超大型铀矿床是 20 世纪 60 年代后期在加拿大和澳大利亚发现的一种新类型。其最大特点是矿床均产于不整合面附近, 矿床既大又富, 矿床储量达数十万吨, 品位最高达 50%, 是世界上经济效益很好的铀矿类型。辽东地区在前寒武纪地层内存在 5 个不整合面, 且著名的连山关铀矿床产于元古宇—太古宇不整合面附近, 具有不整合脉型铀矿的特征, 显示出该区不整合脉超大型铀矿床较好的找矿前景。虽然 20 世纪 90 年代曾在该区进行过此类型找矿工作, 但由于战略调整而停止。随着我国“十五”期间核电迅猛发展对铀矿资源的需求, 继续开展该类型铀矿床的找矿工作具有重要的现实意义。

**关键词:** 辽东地区; 不整合超大型铀矿床; 找矿前景

文献标识码: A

中图分类号: P612; P619.14

### 1 不整合脉超大型铀矿床矿化特征及控矿因素

根据产于加拿大阿斯巴斯卡地区中西湖、凯湖和澳大利亚北部的贾比卢卡、兰杰等不整合超大型铀矿床的资料, 总结该类型铀矿化特征及控矿因素如下<sup>①</sup>:

(1) 铀矿床均产在前寒武纪变质岩中。如加拿大阿斯巴斯卡地区铀矿床产于古元古界阿菲比亚系和中元古界阿斯巴斯卡群中。澳大利亚北部铀矿床赋存在古元古界卡希尔组中, 且都受一定层位控制。

(2) 铀矿床分布在太古宙克拉通之上或边缘, 与太古宙穹隆状杂岩体有关。铀矿床距杂岩体一般不超过 1 km。这些杂岩体由花岗岩、片麻岩、混合岩及少量古元古界片岩组成。经过多次变质变形和混合岩化作用, 使其铀含量高于普通花岗岩的 1~2 倍或更多, 成为古元古界地层的良好铀源体。

(3) 铀矿床产于稳定地台之上, 古元古代时沉积了一套浅海陆棚地槽建造, 后经褶皱隆起、剥蚀, 其上发育了中生代陆相沉积盆地。这样就具备了典型的“三元”结构: 太古宇基底(铀源体)、古元古界储层和中元古界盖层(保护层)。

(4) 铀矿床位于中、古元古界不整合面之中或其附近, 距不整合面不超过 200 m。在不整合面之中的铀矿往往是富矿, 厚度也较大, 都与良好的古风化壳一起产出。

(5) 铀矿床产在深断裂附近, 与次级构造有关, 如褶皱系轴部、剪切带、层间破碎带和塌陷构造等。特别是同生(或复活)构造对形成超大型铀矿床具重要作用。

(6) 基底岩石和含矿主岩经历了反复的断裂、变质变形和花岗岩化作用。基底岩石以角闪岩相、绿片岩相为主, 局部达到麻粒岩相。含矿主岩变质程度为绿片岩相或轻微变质, 后期有退变质作用发生, 并有强烈的蚀变作用。

(7) 蚀变作用强烈, 主要有钠长石化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化和黏土化。岩石含泥质、碳质成分越高, 绿泥石越丰富, 矿化就越好。

(8) 具有多期成矿特点: 主要成矿期为 1700~1800 Ma、1100~1300 Ma 和 800~960 Ma 3 个时期。此外还有 250~500 Ma 和 100 Ma 的矿化。既有同生富集, 又有后期改造、矿脉充填。

(9) 矿区广泛发育有基性岩脉、岩墙, 它们对含矿层可能起到加热作用, 促使含铀流体对流而成矿。

(10) 伴生元素: 加拿大不整合脉型铀矿床伴生

收稿日期: 2001-06-25; 修回日期: 2001-07-30。张哲编辑。

①郑一星, 等. 国外超大型铀矿床. 240 研究所内部报告, 1991.

元素较多, 有 Ni、Co、Ag、Au、Pb、Zn、Mo、Fe、Cu、Sr、As 等, 其中 Ni 和 U 一起形成 U-Ni 矿床. 而澳大利亚该类型矿床中伴生元素比较单一, 但却赋存有伴生金矿床.

## 2 不整合脉超大型铀矿床成矿模式

关于不整合脉超大型铀矿床的成矿模式有后生浅成模式 (J. Ferguson 等) 和复成因 (成岩热液) 模式 (I. Sibbald 等). 结合辽东地区的成矿地质条件, 本文只阐述复成因模式.

复成因成矿模式认为, 铀矿床在空间上明显赋存在中元古代阿斯巴斯卡建造未变质的碎屑岩与其下伏的太古宙—古元古代结晶基底的不整合面之间. 原始铀来自太古宙—古元古代结晶基底, 直接铀源来自中元古代阿斯巴斯卡群砂岩层. 矿化年龄为 1 300 ~ 1 400 Ma. 阿斯巴斯卡群碎屑岩建造具有红层特点, 表明它曾遭受长期、强烈的氧化和淋滤作用, 这种作用可能在建造沉积以后不久就开始了, 并延续了几百万年.

阿斯巴斯卡群砂岩形成后期, 断裂构造再次活动, 并切穿砂岩, 使基底构造、顺层断裂与盖层构造贯通, 并伴随有基性岩脉侵入. 含铀的地表水沿断裂向下流动, 在地热梯度和脉岩的影响下逐渐变热, 形成热水溶液, 水温为 200 °C, 所产生的“热液”在断裂系统中形成循环水. 这种冷热环流体在不整合或氧化还原界面上形成矿体 (图 1).

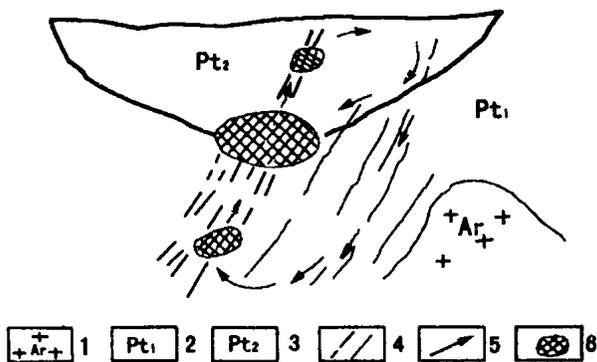


图 1 成岩热液成矿模式

Fig. 1 Diagenesis-hydrogenesis metallogenic model

1—太古宙基底花岗岩 (Archean basement granite); 2—古元古界 (Paleoproterozoic); 3—中元古界 (Mesoproterozoic); 4—断裂构造 (fault); 5—热液流动方向 (flow direction of hydrothermal solution); 6—铀矿体 (uranium ore body)

## 3 辽东地区不整合脉超大型铀矿床成矿地质条件

### 3.1 辽东地区前寒武纪地层特征

辽东地区处于华北地台的东北缘, 而华北地台是我国固结最早的地台. 与国外铀地台相比, 其原始陆壳稳定时间较晚, 后期构造活动比较强烈. 基底岩石经历了先钠后钾的花岗岩侵入, 并伴有混合岩化作用, 成熟度较高, 有利于铀的活化、迁移和富集.

古元古界: 受鞍山运动 (2 500 Ma) 的影响, 地幔上涌, 辽东太古宙克拉通出现了近东西向断裂, 形成了辽东裂陷槽, 西起盖县, 向东延伸入朝鲜北部, 全长约 500 km, 宽 60 ~ 80 km. 裂陷槽内沉积了古元古界辽河群.

中元古界: 受吕梁运动 (1 800 Ma) 的影响, 古元古界褶皱变质, 变质相达到了绿片岩相和铁铝榴石角闪岩相. 在辽东裂陷槽南缘沉积了中元古界的榆树砬子群和永宁群.

新元古界: 晚元古代时, 在裂陷槽北、南部各自发育为拗陷槽, 沉积了细河群、五行山群和金县群等地层.

### 3.2 区域构造环境

根据地质和航磁资料, 在古元古代冒地槽与克拉通接触部位存在一条东西向深断裂带, 它制约辽东地区古元古代拗拉槽的形成和发展, 使太古宙克拉通隆起而遭受剥蚀, 在冒地槽边缘的底部碎屑沉积建造中局部形成富铀层. 同时东西向断裂带控制了本区多期次的构造岩浆活动、基底花岗岩体重就位及热液交代作用等, 为富铀层中铀的活化、迁移创造了有利条件, 同时东西向断裂及其派生的断裂构造为铀矿床的形成提供了良好的导矿、储矿空间<sup>①</sup>.

### 3.3 基底—储矿层—盖层结构

沿裂陷槽南部呈北东向展布一系列中元古代山间盆地, 盆地内沉积了一套红、灰相间的陆相碎屑岩建造. 北部区缺失中元古界. 新元古界红、黄、绿相间的滨海相碎屑岩建造直接覆盖在古元古界地层之上. 无论哪种情况均构成基底—储矿层—盖层“三元”结构.

### 3.4 太古宙杂岩体与铀矿

区内存在一系列新太古代富铀的杂岩体 (锆石 U-Pb 年龄 2 417 Ma), 一般呈穹隆状, 如弓长岭、连山关、八河川岩体. 这些杂岩体以钾质花岗岩为主,

① 邹吉斌. 辽东半岛地区铀成矿类型及识别标志. 东北铀矿地质, 2001.

主体为红色混合花岗岩和白色混合花岗岩（红色混合花岗岩的钠长石蚀变物），其次为片麻状黑云母花岗岩。其现代铀和古铀丰度都比较高，迁出量也大。如连山关岩体中的红色混合花岗岩现代铀  $U_p$  平均为  $8.33 \times 10^{-6}$ （55 个样），古铀丰度  $U_1$  平均为  $17.9 \times 10^{-6}$ （5 个样），迁出量  $F_u$  为 -0.33；白色混合花岗岩现代铀丰度  $U_p$  平均为  $12.9 \times 10^{-6}$ （5 个样），古铀  $U_1$  平均为  $17.9 \times 10^{-6}$ ，迁出量  $F_u$  为 -0.28。这些说明该类岩体是一个富铀岩体，且其中的铀多为活性铀，有大量铀的丢失和迁移，是本区铀成矿的最重要铀源。

3.5 蚀变条件

矿化围岩蚀变主要有钠长石化、绢英岩化、绿泥石化、赤铁矿化、硅化、碳酸盐化。钠长石化在该区极为发育，太古宙杂岩体中的白色混合花岗岩、白色

混合岩都是钠长石交代的产物。其控矿作用表现在促使原岩中的铀发生重新分配以及孔隙度增加、机械强度减小，为铀成矿提供良好的空间。此外所形成的碱性环境是铀成矿的有利条件，铀在偏碱性环境热液中运移，当环境由碱性变为酸性，铀便迅速沉淀。

3.6 不整合面的发育

辽东地区前寒纪地层内存在着 5 个不整合面，即古元古界与太古宇、中元古界与古元古界、中元古界内（存在 2 个）和新元古界与中元古界（表 1）。

3.7 矿化主岩

从区内已发现的与不整合面有关的铀矿床、矿化（异常）点来看，矿化主岩主要为强烈钠长石化的白色混合岩。其化学成分以  $FeO / (FeO + Fe_2O_3)$ 、 $Na_2O / (Na_2O + K_2O)$  值高为特征。

表 1 辽东地区前寒武纪地层表

Table 1 Precambrian stratigraphy of eastern Liaoning

			桥 头 组		
	新元古界	青白口系	细河群	南 芬 组 (红层)	
				钓 鱼 台 组	
					5
					4
	中元古界	蓟县系		永 宁 群	
元古宇		长城系		榆 树 砬 子 群	
					3
					2
			上	盖县组 (含炭层)	
				大石桥组 (含炭层)	
	古元古界		辽河群	高家峪组	上部浊积岩
				下 里尔峪组 (含炭层)	下部浊积岩 (含炭层)
				浪子山组	含硼岩系
					1
太古宇			鞍山群	(北部) 含铁层及钾质花岗岩	(南部) 花岗质岩石

3.8 矿化年龄

该区铀矿年龄单一，集中在 1974.8 Ma，与吕梁运动及裂谷作用时间（1900~2000 Ma）相近，也与白色混合岩、混合花岗岩形成时代相近。

3.9 基性岩脉

古元古界本区有火山活动，形成里尔峪组地层，在 1600~1700 Ma 之间有辉绿岩脉、辉长岩脉等基性岩脉侵入。在大的断裂带如辽东古拗拉裂谷附近岩浆活动频繁，鞍山附近分布有太古宙和元古宙基性、超基性岩，如陈台沟蛇纹岩、隆昌辉绿岩，赛马等地分布的大面积碱性岩、辉绿岩、辉长岩。这些岩浆活

动对铀进行活化改造并形成热流体，为铀成矿提供热源条件。

3.10 成矿模式

以连山关矿床为模型建立该区成矿模式。吕梁运动使区域变质作用加强，导致地下水热流值及压力增高。在红色混合岩的边部通过渗透扩散交代作用形成白色混合岩化，混合岩化产生的富含碱性阳离子及碳酸铀酰离子的含铀溶液，在辽河群底部浪子山组及里尔峪组矿源层运移时，捕获其中的铀，形成成矿热液，于有利部位（如混合花岗岩舌状外突起）沉淀富集成脉状矿体（图 2）。

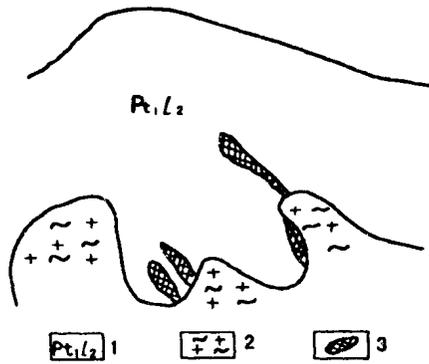


图2 连山关铀矿床成矿模式

Fig. 2 Metallogenetic model of Lianshanguan uranium deposit  
1—浪子山组 (Langzishan formation); 2—白色混合花岗岩 (white migmatitic granite); 3—铀矿体 (uranium ore body)

#### 4 辽东不整合脉超大型铀矿床找矿前景

通过以上分析可知: 辽东地区具有利的区域构造环境, 有完整的基底—储矿层—盖层“三元”结构, 发育太古宙富铀杂岩体, 中、古元古界发育不整合面, 元古宙火山活动伴随基性岩脉侵入, 使含铀热液循环有良好的热源条件, 而且矿化蚀变发育。然而,

与加、澳不整合脉超大型铀矿相比, 成矿期次少, 矿化年龄单一, 尤其 1 974. 8 Ma 矿化年龄大大早于世界性红层出现时间 (1 600 Ma), 因此认为难以产生大规模的铀矿化。

尽管如此, 辽东地区寻找不整合脉超大型铀矿的前景仍然广阔。毕竟我们已经在古元古界下部不整合面找到了尽管储量不大, 但品位高的连山关矿床, 且在永宁群底部不整合面发现矿化异常。只要我们开拓思路、科学探索, 在剖面上加强古元古界上部不整合面附近的找矿, 寻找新的含铀层位, 该区不整合脉超大型铀找矿一定会有大的突破。

#### 参考文献:

- [1] 董春林, 等. 试谈辽东地区寻找前寒武纪不整合脉型和层控型铀矿床的地质条件 [J]. 铀矿地质, 1992, 8 (1): 20—24.
- [2] 连立祥. 我国连山关与澳大利亚东阿利盖特河铀成矿条件对比 [J]. 铀矿地质, 1989, 5 (4): 221—225.
- [3] 王驹, 杜乐天. 早元古代连山关铀矿床的地质地球化学特征 [J]. 铀矿地质, 1988, 4 (6): 321—331.
- [4] 刘德正. 辽东连山关地区早元古代富铀矿床的主导赋矿因素与找矿方向 [J]. 铀矿地质, 1990, 6 (4): 193—201.

## PROSPECTING POTENTIAL ANALYSIS OF UNCONFORMABLE VEIN SUPER-LARGE URANIUM DEPOSITS IN EAST LIAONING PROVINCE

ZHANG Zhen-qiang, QU Xian-liang

(Shenyang No. 240 Institute of Nuclear Industry, Shenyang 110032, China)

**Abstract:** Unconformable vein super-large uranium deposit, a new type of uranium deposit found in Canada and Australia in 1960s, is characterized by occurrence near unconformity surface with high grade and huge reserves. There exist four unconformity surfaces in Precambrian in east Liaoning Province. The famous Lianshanguan uranium deposit is hosted near the unconformity surface between Archeozoic and Proterozoic strata. It is then concluded that eastern Liaoning is a prospective area for searching unconformable vein super-large uranium deposits.

**Key words:** east Liaoning Province; unconformable vein super-large uranium deposit; prospecting potential

作者简介: 张振强 (1966—), 男, 高级工程师, 1987年毕业于华东地质学院, 现从事铀矿地质科研与生产工作; 通讯地址: 沈阳市760信箱, 邮政编码110032, E-mail: zzq@shenyang.cngh.com