

# 西澳伊尔岗地区钙结岩型铀矿床成矿模式

张云龙, 许谱林, 孙会饶

核工业二七〇研究所, 南昌, 330200

伊尔岗是澳大利亚西部前寒武纪地盾的中央部分, 该地区发育着古老稳定的地块, 含有大量的富铀花岗岩体。在富铀花岗岩和绿岩之上的河谷内发育着新生代的钙结岩和膏结岩类, 易于铀的矿化富集。该区的气候和准平原地形的结合, 导致间歇河道和钙结岩的形成, 也促进地下水铀浓度不断提高和钙结岩型铀矿的沉淀。研究钙结岩型铀矿床成矿模式对其成矿预测具有重要意义。

## 1 矿床地质特征

### 1.1 赋矿主岩特征

含矿主岩主要为钙结岩和膏结岩类等, 其次为某些未固结的沉积物, 它们形成于古河道、三角洲和滞水盆地中 (陈振时, 1985)。钙结岩广泛发育于西澳前寒武纪地盾区, 西澳的钙结岩型铀矿化主要产于以花岗岩为基底的汇水区内 (N., I. Groves, H., J. Chapman, 闻桂芹, 1980)。钙结岩呈长板状, 长为百公里以上, 宽为几百米至 3~5km, 厚度为 5~10m。钙结岩常发育风化空洞, 填充物为海泡石及含镁粘土矿物。钙结岩常被顶部冲积物、蒸发岩和风成沙所覆盖, 铀矿化范围一般较大, 沿河道延伸几公里 (Cameron E, M R H R, 1980)。

### 1.2 基底特征

基底由太古代花岗岩和绿岩带所组成 (J. A. HALLBERG, A Y G, 1981)。伊尔岗地区新鲜花岗岩铀含量一般为 3—6ppm, 有的达 25—50ppm, 其风化深度达 250 米。这些铀易通过风化作用从花岗岩类中析出, 并在地下水中呈碳酸盐铀酰络合物迁移。西澳早前寒武纪克拉通基底的花岗质片麻岩内普遍发育着一套绿岩带, 其时代从 35 亿年到 23 亿年前。绿岩地层, 由早期的火山岩和晚期的以浊流沉积为主的碎屑沉积岩或火山碎屑沉积岩组成。绿岩带为钙结岩型铀矿的形成提供了丰富的钒源

(Miller, G, 1976)。

### 1.3 气候和地形特征

伊尔岗地盾位于澳大利亚西部荒漠区, 构造上属于古陆的核心部分, 由于受到长期的剥蚀, 地形表现为侵蚀高原状态。该地区地形经过古高原和新高原两个阶段的演化, 后期气候日益干燥, 河流的侵蚀能力逐渐减弱, 河道逐渐被冲积物填充。这些晚期河道的低洼部位是形成钙结岩的最有利部位, 现有的钙结岩大多数发育在河道的低洼部位。

气候是钙结岩型铀矿形成和保存的最重条件。该地区气候十分干燥, 降水较少, 加上地表蒸发强烈, 形成广阔的无流区。由于蒸发作用, 使矿物浓度不断增高, 为钙结岩型铀矿的沉淀提供了条件。

### 1.4 矿体空间分布

伊利里矿床为该地最有代表性的钙结岩型铀矿床, 伊利里矿区地层可分为 3 个层位, 由上而下为上覆盖层、钙结岩层和石英粘土层 (Needham, S, 2009)。

石英粘土层上部为碳酸盐石英粘土, 平均厚度为 1~2m, 其中含有少量的碳酸盐。下部为石英粘土, 厚度为 20~25m, 缺失碳酸盐, 粘土分散于粗砂岩或长砂岩中。向下逐渐过渡为长石砂岩, 产于基底花岗岩之上; 中部层位为钙结岩层, 钙结岩厚度约为 200m。钙结岩下部向石英粘土层的过渡层, 厚 1~2m; 最上层为覆盖层, 总厚度为 1~2.5m。盖层上部由砂质岩土壤、灰质土和粘土质组成, 在该层下部为灰质亚粘土, 厚度 1~2m, 逐渐向钙结岩层过渡。伊利里矿床 90% 的铀矿化赋存于过渡型钙结岩层中, 6%~7% 产于钙结岩中, 3%~4% 产于石英粘土层中, 矿化明显受钙结岩控制。

## 2 矿床成矿模式

钙结岩型铀矿的化学成分为钒钾铀矿

( $K_2(UO_2)_2V_2O_8 \cdot 3H_2O$ ), 其形成过程可以概括为铀的迁移和铀的沉淀。以伊利里矿床为例研究该区钙结岩型铀矿的成因, 其成矿模式如图 1 所示。

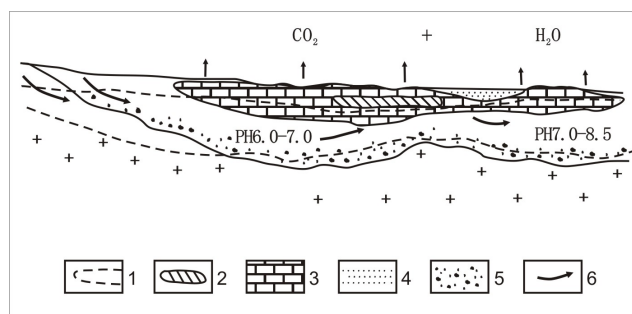


图 1 伊利里地区钙结岩型铀矿床成矿模式

- 1—钒钾铀矿范围; 2—矿化带; 3—碳酸盐化粘土;  
4—硅质硬壳; 5—冲积层; 6—水流方向。

## 2.1 铀的迁移

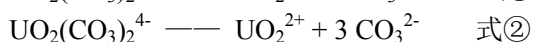
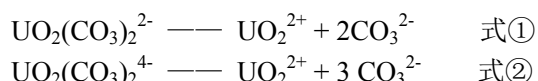
铀主要是随近地表地下水进行搬运。在雨季期间, 钙结岩上覆的土壤层被雨水冲刷, 在缺少碳酸盐和粘土的条件下, 钒钾铀矿的化学元素组分从附近岩体淋出后, 被雨水携带通过干燥和多孔的冲积层, 渗过蒸发带, 上下迁移至钙结岩带。铀在中性—碱性的地下水中呈碳酸盐铀酰络合离子, 向两侧迁移。

## 2.2 铀的沉淀

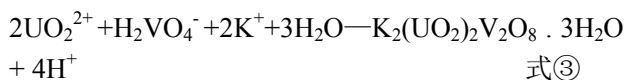
铀成矿的三个关键因素是铀的活化、搬运和沉淀, 而铀的沉淀则是决定性的 (McConchie, Aro V. Arakel. Davd, 1982)。

钒钾铀矿中的铀和钒为多价元素, 均能与  $CO_3^{2-}$  结合成络合物, 因而  $CO_3^{2-}$  对它的溶解度影响很大。因此  $CO_3^{2-}$  的降低对钒钾铀矿的沉淀起着重要作用。也就是说, 当 pH 值等于 7 或大于 7 时, 钒钾铀矿就能从溶液中沉淀, 具体过程如下:

①  $CaCO_3^{2-}$  离子浓度降低引起铀酰碳酸盐络合物破坏。当携带矿质的地下水运行到接近河谷中心部位,  $CO_2$  逸出, PH 值上升, 方解石 ( $CaCO_3$ ) 和白云石 [ $(Ca, Mg) CO_3$ ] 开始沉淀, 矿物沉淀过程消耗大量碳酸根离子, 反应向碳酸盐铀酰络合物离解方向进行, 促使铀酰络合物分解。化学反应式如下:



②在成矿过程中, 由于蒸发作用, 使 U, V, K, Ca, Mg 的浓度增高, 当超过矿物最小沉淀活度时, 出现钒钾铀矿沉淀, 反应式如下:



③上涌地下水的 4 价钒被氧化为 5 价钒, 改变了元素在水中的稳定性, 为钒钾铀矿的沉淀提供了条件。

综上所述, 伊利里铀矿床的成因模式可概括为: 蒸发浓集—氧化— $CO_2$  逸出等几个环节。这种独特的铀成矿作用, 已被钙结岩型铀矿大量的地质规律所证实。

## 3 找矿应用

通过分析钙结岩型铀矿床的成因和成矿模式, 对其成矿预测进行以下分析:

(1) 钙结岩型铀矿的成矿主岩为钙结岩和膏结岩类, 它们则形成于古河道、三角洲和滞水盆地中。古河道、三角洲和滞水盆地为钙结岩型铀矿的成矿有利区。

(2) 钙结岩型铀矿中的铀来自花岗岩, 钒来自绿岩带, 大面积的花岗岩区和绿岩带区为钙结岩型铀矿的成矿有利区。

(3) 气候因素是铀迁移、沉淀以及铀矿保存的最重条件, 少降雨强蒸发的地区为钙结岩型铀矿的成矿有利区。

## 参 考 文 献/References

- 陈振时. 钙结岩铀矿沉积作用环境和控制因素. 国外铀矿地质, 1985(03):95.
- N. I. Groves, H. J. Chapman, 阚桂芹. 西澳大利亚伊利里地块东部金矿田省太古宙地壳的演化. 国外前寒武纪地质, 1980(03):87-89.
- Cameron E M R H R. Yeelirrie calcrete uranium deposit, WA. Journal of Geochemical Exploration, 1980,12.
- J. A. HALLBERG A Y G. Archaean granite and greenstone belt of western Australia. Elsevier Scientific Publishing Company, 1981.
- Miller G. Uranium in Australia. Australian Atomic Energy Commission, 1976.
- Needham S. Yeelirrie uranium deposit in Western Australia. Australia: Department of Parliamentary Services, 2009.
- McConchie Aro V. Arakel. Davd. 澳大利亚内陆古水系中钙结岩和膏结岩岩的分类和成因及其与钒钾铀矿矿化的关系. 国外铀矿地质, 1982,52(4):6-15.