

460 大型火山岩型铀-钼矿床的构造-矿化

垂向分带及成矿模式研究

罗毅

(核工业北京地质研究院, 北京 100029)

1 矿床区域地质背景

460 大型矿床位于华北地台北缘, 天山-阴山纬向复杂构造带与大兴安岭 NNE 向中生代构造岩浆活动带交切复合部位的沽源火山盆地中部一个 NE 向次级火山塌断盆地内。该盆地是具有 3 个构造层结构特点的火山塌断盆地。前中生代基底构造层主要由晚太古代变质岩、吕梁期钾质混合和壳源重熔型海西期花岗岩组成, 主要构造线以近东西走向的复式背斜和断裂构造为特点; 中中生代火山盖层构造层由上侏罗统壳幔混熔型和壳源重熔型大陆中酸性、酸性火山杂岩系组成, 主构造线以 NE 走向的断裂-火山构造系统为特征; 晚中生代-新生代伸展裂陷玄武岩构造层, 由陆相含煤碎屑岩夹幔源玄武岩组成, 多分布在一些伸展裂陷构造盆地中, 主构造线走向为 NNE 向。吕梁期钾质混合岩化作用及海西期、晚侏罗世张家口期壳源重熔型岩浆活动, 导致了三期铀的预富集作用。

矿床定位在该火山塌断盆地的西端北缘, 铀矿化分布在盆缘的 NE 向基底断裂 F_{45} 与次级 NW 向断裂 F_3 相交接复合部位所控制的次流纹斑岩体中。

2 矿床构造-矿化垂向分带

(1) 容矿构造的垂向分带: 矿床的容矿构造自下而上分为大脉裂隙带、细网脉裂隙带和微脉裂隙浸染带。它是由燕山晚期形成的隐爆岩构造和喜山期形成的裂隙构造相互叠置的结果。大脉裂隙带以 NNW 向和 NNE 向的陡倾剪切裂隙带为主, 脉宽和延伸相对较大, 它控制脉状矿化的形成。在两组裂隙交切处局部形成角砾状矿化; 网脉裂隙带由 NW 向的张性裂隙、NNE、NNW 向剪切裂隙和 NEE 向压扭性裂隙组成, 单个裂隙的宽度和延伸均不大, 但分布密度高, 产出角度大; 微脉裂隙浸染带以 NW 向张性裂隙和 NNE 向剪切裂隙为主, 其分布密度和规模较小。含矿裂隙发育的密度是上部较低, 中部很高, 向下又降低。含矿裂隙的规模和宽度, 由上至下是逐渐增大, 上部裂隙宽一般在 1 mm, 中部为 1~2 mm, 下部可超过 2 cm。不同性质的构造裂隙在空间上的分布也不相同。NNW、NNE 向陡倾的剪切裂隙组是贯通性裂隙, 发育深度可达 500 m, NW 向张性裂隙一般集中在矿床中上部, 发育深度在 300 m 以上。从总体上看, 含矿裂隙具有上张下剪、中间密度大、向下规模增大, 分带性明显的特点。

(2) 矿化的垂向分带: 按颜色、结构构造和矿物组合, 从下至上可分为红色脉状矿化带, 黑色浸染状矿化带和蓝黑色砂状矿化带。红色脉状矿化带产出标高 1476~1067 m, 由浅红色、紫红色的网脉状和大脉状矿石组成。主要矿石矿物有沥青铀矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、白铁矿、赤铁矿以及紫黑色萤石、灰黑色玉髓等。脉壁两侧围岩因普遍赤铁矿化、钾化而呈红色。矿石铀品位一般在 0.3% 左右, 部分富矿可达 1%~2%。由这种红色脉状矿化构成矿床的主体。黑色浸染状矿化带产出标高 1349~1527 m, 矿石呈灰黑色,

由分散的浸染状的沥青铀矿、胶硫钼矿、含砷胶黄铁矿及少量闪锌矿、白铁矿和紫黑色萤石、灰黑色玉髓组成。矿体呈不规则透镜状,发育在岩体中上部。矿石铀品位一般在0.05%~0.2%。钼品位较高,平均达0.55%。蓝黑色砂状矿化带产于矿床上部的氧化-还原带中(赋存标高在1508 m附近)。它是黑色浸染状矿化带上部的次生淋积叠加型矿化。矿石矿物主要有水钼铀矿、蓝钼矿、彩钼铅矿、砷钼钙铁矿、草莓状黄铁矿、褐铁矿及浅色萤石。460矿床3个矿化带的铀矿体其总垂幅达500 m。

(3) 蚀变的垂向分带:矿床的蚀变带分为上部硅化-褐铁矿化带(1527 m标高以上);中部蒙脱石-水云母化带(1527~1476 m标高区间);下部钾化-赤铁矿化带(1476 m标高以下)。

水云母、萤石、黄铁矿是矿床的贯通性蚀变矿物。按结构和产状可分为矿前板状水云母,矿期碎片状水云母和矿后脉状水云母3种。矿床蚀变分带的性质,从总体上看,具有上酸下碱的分带特点。

3 矿床成矿模式

(1) 3期铀的预富集:矿床所处的火山塌断裂盆地的基底——晚太古代红旗营子群中深变质岩,其铀含量不高 $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$;但盆地基底的吕梁期钾质混合花岗岩,铀含量增加到 5×10^{-6} ;海西期壳源重熔型花岗岩的铀含量 6×10^{-6} 。这种富铀基底的形成,为形成富铀的火山岩盖层建造和铀矿成矿提供了物质基础。直接叠加在花岗质基底之上的上侏罗统火山盖层,从下至上具有从中基性-中酸性-酸性的岩浆演化特征。其中上侏罗统张家口组3段酸性火山岩及其侵入其中的次流纹斑岩体岩石中存在两种形态、两种时代的锆石。长柱状锆石年龄为 $(122.9 \pm 4.9) \times 10^6$ a,为晚侏罗世晚期产物;浑圆状锆石年龄为 $(2010.8 \pm 4.3) \times 10^6$ a,与基底混合花岗岩岩石年龄相当。上侏罗统张家口组3段酸性火山岩和次流纹斑岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值为0.709~0.711,表明它们具有壳源重熔成因特点。其铀的平均含量达 $13 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$,供铀能力达60%~70%,表明本区上侏罗统张家口组3段酸性火山岩系是铀成矿的重要铀源层体,即铀的第三期预富集作用。

(2) 中生代断裂-火山热液活动控制铀-钼矿化形成:燕山晚期和喜山期两次大规模的火山热液活动和火山期后的热液作用对本区铀矿的成矿作用发生了制约作用。燕山晚期张家口组3段的酸性火山岩浆活动喷发期后,发生了次流纹斑岩体的侵位,并在次流纹斑岩体顶部发生隐爆作用,形成隐爆角砾岩构造。与此同时,深部岩浆室的残余岩浆和热流体沿构造减压带运移上升。热流体与深部循环的地下水混合热液(包体均一温度300℃),对岩体产生广泛的交代蚀变作用,形成了矿前大面积的水云母化、沸石化,导致岩石机械物理性质改变。孔隙度增大以及岩石中铀的活化。为其后的铀成矿准备了有利条件。

在此基础上,由于 F_{45} 、 F_3 断裂强烈的张性复活,深部富钾质富铀的碱性热液沿着构造减压带运移上升再次与地下水混合,含铀混合热液在上升途中,不断对围岩产生钾质交代和去硅作用,在岩体中形成钾化-赤铁矿化,和上部形成粘土化-硅化的蚀变分带。在热液上升途中从围岩中浸出大量的U、Mo、Zn、Pb、Fe、S和K等有用元素一起形成成矿溶液。当它进入次流纹斑岩体上部矿前的水云母化、沸石化蚀变带时,由于粘土矿物的吸附作用和成矿介质的改变,导致铀的沉淀、形成了早期的浸染状的低品位矿化。随着温度的下降、溶液中 H_2S 的解离,发生了以胶硫钼矿为主的金属硫化物沉淀。它和早期的铀矿化叠加在一起,在矿床上部形成了黑色浸染状铀钼矿化带。早期浸染状铀矿化成矿年龄为 $90 \times$

10^6 a, 成矿温度为 $300\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

喜山期, 本区处于强烈的拉伸裂陷构造环境, 伴随有区域广泛的幔源玄武岩浆活动, 古气候以潮湿炎热为特征。在该时期, 控制矿床的 F_{45} 和 F_3 断裂构造一方面表现为继承性张性复活, 在它们的上盘广泛形成裂隙密集带, 另一方面沟通深部玄武岩浆室。其深源热流体沿 F_{45} 上升与地下水混合, 形成了富含矿化剂和 U-Mo 等有用元素的成矿热水溶液, 沿着岩体上下盘的裂隙构造带运移和沉淀, 形成 U-Mo 脉状矿化。组成脉状矿化的沥青铀矿化的年龄为 $(23.7\pm 2)\times 10^6$ a, 其成矿温度为 $150\sim 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。脉状矿化与早期浸染状 U-Mo 叠加部位是富矿的产出部位。

(3) 保矿条件: 喜山期末, 本区地质构造处于相对稳定时期, 新构造运动以幅度不大的断块升降为特征, 矿床处于区域上断块整体抬升而局部相对下降的负向构造盆地内。在地貌上处于丘陵地区的山前缓流带。因而本矿区只是遭受轻度的剥蚀。矿床上部先形成的铀-钼矿化随着新构造活动的抬升逐渐进入氧化带。在地表水和含氧地下水的作用下, 在矿床顶部形成淋积叠加型富品位铀-钼矿化。矿床顶部发育完好的硅盖也是重要的保矿条件。

冀西北地区构造演化与金成矿模式

侯光久 吴淦国 魏俊浩 夏庆林

(中国地质大学, 武汉 430074)

位于天山—阴山东西向构造带的冀西北地区, 广泛出露太古界岩系——原称为桑干群的崇礼杂岩, 为一套角闪岩相—麻粒岩相深度区域变质的高级片麻岩。经历了多次构造变动, 形成了一系列规模不等的褶皱、剪切带和断裂带。岩浆活动频繁, 中酸性—碱性—基性超基性岩体广泛分布, 总体构成走向东西的构造—花岗绿岩带。其上零星覆盖有元古界、古生界和中新生界的沉积岩或火山岩。在此区域, 已发现了 5 个大中型金矿床和 100 多个小型金矿床或金矿化点, 构成独具特色的华北地台北部东西向金矿省的重要部分。研究表明, 金矿的产出严格受构造控制, 断裂构造的结构特点和应力状态决定了金矿富集规律和成矿模式。

1 构造变形特征及其演化

该区变形极为强烈, 现在所见的貌似未变形的似层状片麻岩, 实际上是表壳岩系及岩浆岩(包括脉岩)等在高温高压下经历了调整相位的变形而形成的高级片麻岩(C W Passchier 等, 1990)。此高级片麻岩形成后又经历了多期次的构造变形, 以致展现在人们面前的是一幅复合的应变图象。从早期地壳静水(岩)压力状态下形成的无根片内褶皱及柔流型褶皱——同斜倒转褶皱到地壳浅部由于侧向压力作用而形成的宽缓褶皱, 从位于地壳较深部位的韧性剪切—脆韧性逆冲到地壳浅层的脆性破裂变形以及脉体的充填与变形, 均能见及。最明显的区域构造特征是网结状样式, 即弱应变的菱形或透镜状块体被具强应变岩石的大型韧性剪切带或断裂带分开, 这些剪切带和断裂带通常都经历了多期变形历史。如经过本区的尚义—赤城—平泉断裂带, 经历了韧性剪切—脆韧性逆冲推覆—脆性破裂等变形阶段。呈舒缓波状延长数百公里, 宽数公里, 为区域一级断裂带。在该带的南侧发育有一系列二、三级断裂带, 如头堡子—赵家沟断裂带, 于家沟—后沟—杨木洼断裂带、东坪—中山沟断裂带、行人马沟—水晶屯断裂带、小营盘—青边口断裂带等, 延长都在数公里至数十公