

成的有规律变化，表明与古陆边缘的古裂谷活动有关，属古裂谷带产物，这在有关地区也已获类似信息。

四〇一地区西带岩石 矿石中放射性同位素特征

陈应生

(西北地勘211大队)

1. 本区铀矿石中铀与钍呈正相关，黑色硫化物粘土铀矿脉U-Ra具严重偏铀的特点。前者的原因不明，后者则是人们认为矿床属热液-再生淋积叠加成因的主要论据之一。研究表明，铀与钍呈正相关关系是 ^{230}Th 造成的，是一种正常现象；严重偏铀只说明U-Ra之间的关系， ^{234}U 与 ^{238}U 等放射性同位素平衡破坏特征表明，黑色硫化物粘土铀矿脉并非近代淋积作用所形成；相反，铀处于弱的贫化流失阶段。

本区红化（红色）矿石由红色微小质点、粘土矿物和花岗岩碎屑组成，铀主要为吸附形式存在。

黑色硫化物粘土铀矿脉由金属硫化物（以方铅矿为主，另有黄铁矿）、沥青铀矿、水沥青铀矿（？）、粘土矿物、有机质和花岗岩碎屑组成，另有极微量的重晶石等。铀主要以铀矿物形式存在，其次呈吸附状态。本区沥青铀矿 TR_2O_3 含量高（ $\text{TR}_2\text{O}_3=1.23-1.24$ ），六价铀高（ $\text{UO}_3=44.45-48.86\%$ ， $\text{UO}_2=29.93-31.67\%$ ）含氧系数大（ $2.571-2.607$ ）晶胞常数小（ $a_0=5.28-5.38$ 埃），富含水（ $\text{H}_2\text{O}=3.51-4.04$ ）。经U-Pb法测定年龄为 $5.2-7(\pm 0.1)$ Ma。矿石中铀与钍、平衡系数（K%）、 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 比值等均为正相关关系。

矿体受构造控制，矿石位于第三纪红盆下部花岗岩线状古风化壳高岭石碎石带内。花岗岩与第三纪接触的一粘土层使矿体地下水与第三纪红层地下水互不相通。矿体中地下水赋存于构造裂隙和裂隙带里，以静储量为主，具有承压性、低矿化度、弱碱性、碳酸盐型、弱氧化的特点，其本身或附近具极高的U、Ra、Rn水异常，矿体中地下水放射性同位素分析表明： $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 平均值为1.5； $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 平均为34.815； $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ 平均为51.4。U平均为 1.64×10^{-2} 克/升；Rn平均为10865.166爱曼。

有2%的矿石样品严重偏Ra，U-Ra平衡系数变化范围为85—105%，平均值为95%，稍偏U。见矿段自低品位到高品位U-Ra平衡系数由偏Ra逐步向近于平衡或偏铀的变化。

2. 几点认识：（1）该区地表岩石偏Ra，放射性同位素处于淋失贫化状态，其比值比正常值（平衡时的比值，下同）低，降低的程度为： $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra} > (^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}) >$

$^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > ^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 。(2) 深部近矿围岩稍偏铀, $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 处于平衡状态, 而 ^{230}Th 、 ^{226}Ra 处于富集状态, 其比值比正常值高 ($^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra} > ^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$)。但综合分析 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 的平衡不是自生平衡, 而是它生平衡。原岩曾有淋失作用, 现有的平衡是后生淋积与它生的 ^{234}U 叠加所致: 较强的高岭石化, 而吸附了较多的外来 ^{234}U 。(3) 红化矿石中U/Th比值平均为10.7, 比正常围岩高。60%样品处于贫化流失状态, 放射性同位素比值比正常值小, 其降低程度 ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} > ^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > ^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$)。少数样品有放射性同位素富集现象, 比值比正常值高, 其升高程度是 ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > ^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} > ^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$)。红化矿石中严重偏Ra, 同位素处于淋失状态, 但局部有富集现象。 $^{235}\text{U}/^{234}\text{U}$ 均处于不平衡状态, 多数样品比正常值有所升高, 少数样品比正常值低, 流失和富集与矿石形成后地下水动力条件有关, 裂隙发育地下水较畅通, 易流失, 矿体的顶部和根部均有此种现象; 粘土和角砾岩发育处地下水畅通有限, 较利于富集, 这种流失和富集与现代地下水中放射性同位素特征相吻合。(4) 黑色硫化物粘土铀矿脉中的按放射性同位素组成可分三类: 同位素比值比正常值低, 其程度各不一样: ($^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra} > ^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} > ^{235}\text{U}/^{238}\text{U} > ^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$); 比值均比正常值低, 其低的程度是: ($^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} > ^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra} > ^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > ^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$); 比值比正常值低, 其程度是: ($^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra} > ^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > ^{235}\text{U}/^{238}\text{U} > ^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$)。此种矿化见于地表, 铀主要呈吸附状态。与其他黑色粘土铀矿脉有明显的区别, 主要是近代地表水使之贫化淋失, ^{230}Th 比较稳定。总之, 黑色硫化物粘土铀矿脉具有严重偏U与U/Th比值大的特点。矿石处于贫化淋失的地球化学环境中, 局部稍有 ^{234}U 的富集现象; 黑色硫化物粘土铀矿脉与现代地下水中放射性同位素(如 ^{234}U 等)不一致, 矿石虽然严重偏U, 但不具备再生的条件。原生矿石的平衡破坏时 ^{234}U 优先淋失, 造成贫Ra的现象。从总体来看, 贫化淋失作用限于裂隙边缘的早期淋失阶段。(5) 本区矿化的U-Ra平衡破坏取决于矿石的类型。(6) 岩石、矿石中 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比值与U含量基本上呈反相关关系, 贫矿石中这种关系更甚, 黑色硫化物粘土铀矿脉与岩石样品在($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$)-U图上分布较集中(前者集中分布于0.9—1.1), 而红化矿石则分布比较分散。(7) 黑色硫化物粘土铀矿脉严重偏U不是次生富集作用所致, 因此衡量矿石中铀是否流失贫化, 不能只用U-Ra平衡破坏资料来衡量, 还需依U、Th、Ra等综合分析判别。(8) 矿石中 ^{235}U 富集的原因可能与铁的氧化物有关。 ^{235}U 富集程度低, 又在贫矿石中, 故矿石经济价值不高。是否可找到 ^{235}U 的异常来提高矿床的经济价值, 有待今后研究。矿石中 ^{235}U 亏损的原因, 可能与天然核反应堆有关, 也可能是 ^{235}U 、 ^{238}U 的扩散速率和化学平衡的差异所致。(9) $^{235}\text{U}/^{234}\text{U}$ 比值表明, 凡是大于平衡值时, 铀处于淋失状态, 当有它生 ^{234}U 富集时则它小于平衡值。

总之本区铀矿石的铀主要处于贫化淋失状态。仅局部稍有富集。铀与钍呈正相关关系是 ^{230}Th 所造成, 是一种正常现象。