

热液和沉积铀矿床的矿化特点及分布规律

龐述之

本文主要介绍热液铀矿床和沉积铀矿床的矿化特点和分布规律,对热液铀矿床矿物共生组合,围岩蚀变、矿化特点及分布规律作了详细的分析。沉积铀矿床对下古生代、二迭纪、白垩-第三纪山间盆地内的矿床特点分别作了介绍。

一、热液矿床矿化特点及分布规律

热液铀矿床--概述

热液矿床是属于内生铀矿床一种矿床类型,它与岩浆活动有着密切关系,一般多在岩浆的晚期形成。这种类型的最大特点是品位富,矿体规模不大,形态复杂,常与其他金属矿物伴生在一起,储量一般中等或小型,但也有规模大的矿床,为提取铀原料的主要来源。

内生铀矿床的其他类型如伟晶岩矿床,接触交代矿床,虽然世界上也找到具有工业价值的矿床,但为数不多,不占主要地位。

热液铀矿床可分为高温和中、低温热液矿床两类。高温矿床多是交代型的,数量较少,而中、低温热液矿床数量多,具有重要的工业价值,主要是裂隙充填的。矿床的形成,地质构造起着重要作用。区域性的褶皱和断裂,以及伴生的次一级断裂和裂隙,为岩浆的热液活动准备了良好的通道和沉淀的空间;同时矿物凝结的温度,围岩的压力也直接影响着铀矿床的生成。

根据热液铀矿床的成因类型,可分为三类:裂隙充填和围岩交代型、裂隙充填型和围岩交代型。每个类型由于矿物共生组合不同,又可分为几个矿床。由于资料不多,分类不统一,对不同类型的矿床,不作叙述。

热液矿床相当复杂,特别是矿物共生组合,不象沉积矿床那样简单而容易被人们掌握。它与酸性岩浆岩伴生,特别是花岗岩及酸性喷发岩已证明铀的含量是随酸度的增加而增加。含矿溶液的性质,围岩的性质,决定了铀矿物和其他共生元素的生成。

热液铀矿床的矿化特点

1. 铀矿物共生组合 铀矿物的共生组合,与铀的地球化学有关,铀的一般地球化学性质,在很多书里都可看到,这里就不多谈了。在研究铀的地球化学特性时,总是从矿床的岩石成分,矿石的物质成分,以及它所处的地质环境,区域地质构造和矿床地质构造等方面进行的。在此,只对有关热液铀矿床的矿物共生组合作一简单介绍。

热液铀矿床按矿床成因类型和它的矿物共生组合特点可分为以下三类:

1. 裂隙充填和围岩交代型: 铀-砷化物矿床,铀-钼矿床,铀-黄铁矿矿床。
2. 裂隙充填型: 铀-黄铁矿矿床,单铀矿床。
3. 围岩交代型: 铀-多金属矿床。

铀-砷化物矿床 其中主要矿石矿物成分为钴、镍的砷化物,铜、铅、锌、铁等的硫化物,如**砷镍铀矿**,**沥青铀矿**,**黄铜矿**,**黄铁矿**,**方钴矿**,次要的有**辉砷铀矿**,**硫铜铋矿**,**白铁矿**,**毒砂**,**方**

鉛矿、閃鋅矿,很少的砷黝銅矿,自然鉍脉石矿物主要有白云石,方解石和石英。矿床的氧化带有上述矿物的一些次生矿物,如翠砷鉍鈾矿、砷鈾矿、銅鈾云母、鈷华、鎳华等。此矿床类型即一般所謂的五元素(Co、Ni、Bi、Ag、Cu)建造。

瀝青鈾矿为浸染状,与鈷、鎳矿物紧密共生,鈾与鈷的矿化范围大致相符,鈾矿体为平坦透鏡体。

鈾-鉍矿床 該类型矿床矿物成分简单,矿石矿物主要是呈輝鉍矿及瀝青鈾矿,其次有少量的金属硫化物,黄鉄矿、黄銅矿、閃鋅矿等,脉石矿物主要是石英,地表氧化带有鈾和鉍的次生矿物,鈾黑,藍鉍矿,鈾鉍黑等。

鈾-黄鉄矿矿床 矿石中主要矿物为瀝青鈾矿,其次是黄鉄矿,脉石矿物为石英及很少量的螢石和方解石。

鈾-多金属矿床 这种类型矿床中,鈾矿物往往占次要地位,而以开采其他多金属为主,但也有鈾具有工业价值的矿床。最常見的是含鈾鉛鋅矿床、瀝青鈾矿-錫石-硫化物矿床等。鈾矿物主要是瀝青鈾矿,其他多金属有方鉛矿、閃鋅矿、黄銅矿、黄鉄矿、錳石、毒砂等等。脉石矿物主要是石英、碳酸盐类,这类矿床的次生矿物成分比较复杂。

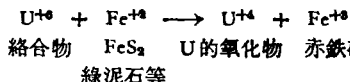
单鈾型矿床及鈾-螢石型矿床 其中主要的鈾矿物是瀝青鈾矿,有时瀝青鈾矿与黑紫色螢石共生在一起,組成含鈾螢石脉。

从热液鈾矿床的矿物共生組合特点来看,鈾在热液期的一个主要地球化学特点就是鈾与鈷、鎳元素开始分家了。在热液矿床中很少有鈷矿物的存在,并且鈾矿物种类与岩浆期比較起来大大減少了,鈾主要以六价的形式組成瀝青鈾矿,在热液期瀝青鈾矿与其他金属硫化物、砷化物共生。这与造矿溶液有关,碱性溶液渗透能力强,与围岩作用形成交代式的鈾矿体。胶状溶液,揮发分高,成分复杂,随着裂隙沉积而成充填式的鈾矿床。由于裂隙形式不同,含矿溶液成分的变化产生鈾矿化的多阶段性。同时矿物的特征不一样,結晶的順序也不同,因此形成了鈾与其他金属元素矿物共生。

2. 热液鈾矿床的围岩蝕变 热液鈾矿床的最大特点是具有明显的围岩蝕变現象,最常見的围岩蝕变有矽化、赤鉄矿化、螢石化、黄鉄矿化、綠泥石化、高岭土化、絹云母化等,而尤以前四种最普遍,現簡略介紹一下:

矽化岩石矽化的強弱,与該地区构造活动的复杂性,岩浆活动的強弱有关。而随着这些活动就有成矿的可能性,如有的矿床就直接生于岩石的矽化帶内,証明矽化与鈾矿化有一定的关系,因此矽化帶就成了有利的找矿标志。一般來說在构造活动复杂、岩浆活动多的地方是成矿的有利地方。矽化的产生,是鈾矽酸盐的絡合物 $n\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{UO}_2 \cdot m\text{SiO}_2$ 中由于介质碱性減弱 CO_2 含量的增加,与围岩作用析出石英。 UO_2 析出組成非晶質鈾矿,因矽化对鈾矿床生成有利。

赤鉄矿化 围岩的赤鉄矿化是由細小赤鉄矿顆粒的存在引起的。一般所見在矿体兩側围岩有变紅現象,經化学分析結果是由于三价鉄含量增高的緣故。因为鈾是以六价形式搬运,而要还原成四价才能沉淀下来,围岩中二价鉄的存在就是还原鈾的一个很好的还原剂,即当二价鉄氧化成三价鉄时鈾就从六价还原成四价,一般反应式如下:



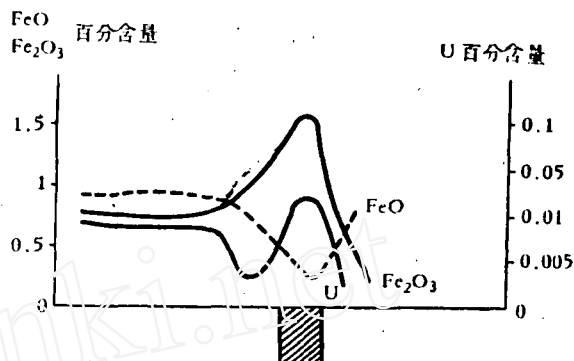
由下頁图便可說明,鈾含量增高, Fe_2O_3 的含量也同时增高,赤鉄矿化的強弱几乎与鈾矿化的強弱成正比,凡有矿的地方就有赤鉄矿化,有的矿帶直接生于赤鉄矿化帶中,因此赤鉄矿化也是

一个非常好的找矿标志。

黄铁矿化 往往在铀矿化地段的围岩中,黄铁矿有显著的增加,黄铁矿一般呈浸染状,不规则细脉状等。所列举的这些热液矿床类型都有黄铁矿的共生,即使是单铀型矿床也是一样,黄铁矿与沥青铀矿紧密地结合在一起,黄铁矿是铀的一个很好的还原剂。

萤石化 铀常与萤石共生在一起,在矿化附近的围岩中常有星点浸染状的萤石及脉状萤石,特别是紫黑色萤石与铀矿化更为密切。有些学者认为铀与氟组成络合物 $\text{Na}_4[\text{UF}_2(\text{CO}_3)_3]$ 搬运上来。当它与围岩作用时,其中 CO_3^{2-} 析出和围岩中的 Ca、Mg 等形成碳酸盐化,氟与围岩中的钙组成萤石矿物。

除此而外,在高温类型的铀矿床伴有广泛的钠长石化、碳酸盐化,中低温矿床则以绿泥石化、绢云母化、高岭土化和退色现象。退色现象在一定地区表现出与铀矿化的关系非常密切,甚至可作为一种主要找矿标志来对待。其他围岩蚀变现象,如由于放射性元素射线的影响而产生的石英变黑,萤石发紫,方解石变红等有利现象。



矿体中铀含量与 Fe_2O_3 和 FeO 含量的相互关系

3. 矿体形态及品位变化特征 热液铀矿床矿体形态比较复杂,矿体的生成是受地质构造和岩性控制的。地质构造(断裂、裂隙、褶曲挠曲部分、节理)所造成的空间决定了矿体的形态和规模。矿体一般生于两组裂隙的交叉地方和主要构造带所伴生的次一级构造带内,矿体的生成有裂隙充填和交代,因而形成不同形状的矿体。如扁豆体状、透镜体状、脉状、矿柱、似层状、网状矿脉等。

矿体的规模大小不等,由数米到数百米长,厚数厘米到10米以上。有的向下延伸达300米,有的200米以下就变贫和尖灭。总的来讲矿体的变化是复杂的,这与矿体生成时矿物的凝结温度和围岩压力有关。

矿体品位的变化与矿体形态的变化是一致的,矿体的边缘部分一般品位较贫。同时与溶液的含铀量、裂隙型式和围岩性质有关。

矿体生成除构造因素外,还有它的多阶段性,即所谓脉动式的进行。一般是在热液作用的晚期、最后一、二个阶段内形成的。当了解了矿化期在时间和空间的分布后,就可掌握热液作用的进程和帮助查明矿体贫富的分布规律和矿床纵横的变化情况。

热液铀矿床的分布规律

1. 大地构造的古老地块边缘和褶皱带中,热液矿床在区域构造上分布于不同活动程度构造带的联结地区,经过构造运动而变新的古地块和褶皱带内,即古老台背斜和台向斜的过渡带(活化地带)形成矿化带。褶皱带和活化地带所产生的大断裂及伴生的小断裂是岩浆轮回最有利的因素。铀矿化生于活动带发育终期的酸性岩浆活动的晚期阶段,岩浆活动是多次的,对成矿有利的主要是燕山期的侵入活动。

2. 酸性花岗岩体的内外接触带,在酸性侵入体的周围褶皱构造发育,断裂很多,造成复杂的地质构造环境,岩浆活动的晚期热液沿着构造裂隙上升,在有利的环境下沉淀下来或与围岩发生交换。因此在外接触带是对成矿有利的,几年的工作事实已经证明大部分热液矿床都产

于外接触带中,在内接触带的砂卡岩矿床分布不多。

3. 构造断裂带发育的地区,所发现的热液矿床都与构造断裂关系密切,特别是深大断裂发育的线状地带,羽毛状裂隙中,矿床分布在不同方向断裂组、相交叉的地方,同时酸性花岗岩体附近的破碎带,节理裂隙和其他构造带内及花岗岩本身的破碎带内都是铀富集最有利的地区。

4. 岩墙岩脉发育地区,具有工业价值的铀矿床通常是与活动褶皱区的晚期发育阶段的侵入杂岩有关。这些杂岩主要是各种成分的花岗岩(通常含钾质较多)和较为基性的闪长岩岩墙、煌斑岩墙之类和沿着破碎带充填的石英脉。铀矿化与这些岩墙岩脉相伴生在一起和岩墙两侧的花岗岩内。岩墙与铀矿化有密切的关系。

5. 金属矿床聚集的区域,从热液铀矿床的矿物共生组合中,便可看到铀经常与其他金属矿物共生在一起。如Cu、Co、Ni、As、Mo、Pb、Zn、Fe等与铀常形成多金属矿床。其他金属矿物一般是以硫化物出现的。铀能与其他金属元素聚集在一起,这与矿物结晶顺序和造矿溶液的性质有关。同时都产于同一的岩浆源,其化学性质相似。因此利用多金属矿物与铀的共生关系是能找到铀矿床的。

小 结

1. 热液矿床在空间上与酸性侵入体有关,而主要是在分异较好的伴生有岩墙、岩脉的花岗岩体中,矿化紧跟在岩墙侵入之后形成。侵入体酸度愈大对矿的生成愈有利。

2. 铀矿化除侵入体内外接触带外,在侵入体内的石英岩脉和闪长岩墙及煌斑岩中也有很大工业价值的铀矿床。

3. 铀矿化受强烈的构造控制,区域性的大断裂和褶皱,相伴生的二级一级构造最有利,矿体聚集于两组构造裂隙相交的地方或断裂带内。

4. 铀矿化出现在各个矿化阶段和矿化期中,但主要生成于较晚期的矿化期内。

5. 铀矿化见于各个岩浆轮回,主要是燕山岩浆活动轮回对矿化最有利。发现的铀矿床都与燕山花岗岩有关。

6. 热液铀矿床围岩蚀变显著,矽化、赤铁矿化、萤石化、黄铁矿化是找矿的最好标志。矿化与围岩蚀变密切相关。如围岩赤铁矿含量增高,铀的含量也增高。

二、沉积铀矿床的生成特点及一般规律

沉积铀矿床具有很大的工业价值,它象热液矿床一样,种类很多,虽然它的含量一般较低,但常常具有很大的储量,因而具有很大的工业意义。目前,世界各国铀矿资源沉积类型占90%,成为各国铀原料的重要来源。

沉积铀矿床可以分为同生和后生沉积两种,同时也有在一个矿床中具有同生和后生沉积。同生沉积矿床一般分布范围大,铀含量低,矿化稳定。后生沉积矿床分布范围小,矿化不均匀,矿体为透镜体,含量较高。同生沉积矿床具有透水性好的岩石,或构造复杂地段,地下水再起富集作用,形成同生后生沉积矿床。

铀矿化见于各个时代,从下古生代到白垩-第三纪都有铀矿化存在,含铀较好的有下古生代寒武纪底部的含磷层,二迭纪的石灰岩,白垩-第三纪山间盆地,都找到具有工业价值的矿床。

铀沉积有机械和化学沉积两种方式,机械沉积在印度发现有工业价值的砂矿床,其他国家还未见有工业意义的。目前看来还是以化学沉积为主。气候、古地理条件、铀的来源以及有机

物和磷酸盐是否存在,直接影响着铀矿床的形成。地下水的作用也有一定的关系。

铀沉淀与溶液中 pH 值的变化有关,在还原环境使溶液中的六价铀变为四价铀而沉积下来。同时与矽酸、磷酸、砷酸起化合作用形成难溶盐而沉淀出来。还与有机质和非有机质化合物(褐煤、泥炭、泥质岩、胶岭土、高岭石、白云石)的吸附作用有密切关系。

铀在海相沉积环境中主要是陆缘海湾和泻湖中。陆相沉积环境为湖泊边缘、池沼、流入盆地的古河床、三角洲等地方。

下古生代中含磷层中的铀矿化

下古生代含磷层中的铀矿化,属下寒武纪底部炭质板岩中,磷一般呈结核状和透镜体状,透镜体厚 10—30 厘米,疏松孔隙度大。与铀矿化有关的为含磷透镜体。结核状层位铀矿化弱,在构造破裂带见铀矿化。铀与磷不一定成正比关系。含磷层上面见一层至两层富含铀的灰色泥板岩,磷含量低 1—3%,泥板岩厚 7 米,呈透镜体分布于炭质页岩中,泥板岩含黄铁矿颗粒很多,沿层面和星点状分布,或形成小透镜体,铀矿化均匀。另在砂岩、砂化灰岩、震旦纪的燧石层也见有矿化现象。

构造复杂受北东和南北向的断裂控制,北东组构造发育在先,为一大断裂的次一级断裂,控制矿层往深部延伸,南北组断裂破坏矿层平行移动。泥板岩为一个一个的含矿团块。铀矿化产于台背斜的边缘,台背斜长期浸蚀风化,铀被溶解带到海水中,在浅海海湾、泻湖等有利条件下,铀被磷吸附富集起来的,再经地下水富集形成为矿床。

可见铀矿物不多,有铜铀云母、钙铀云母、铀黑、矽钙铀矿、玻璃蛋白石等,铀呈离子分散形态于泥板岩中,共生矿物有石英脉、方解石脉、黄铁矿、黄铜矿、磷铝石、绿松石等。

下古生代含磷地层在台背斜边缘出露面积很大,层数多,铀矿化较贫,可能未找到富集地段,找矿标志明显,含铀层位于震旦纪燧石层上面,燧石层形成高山陡壁。

石灰岩中铀矿化

石灰岩中铀矿化已相继发现,具有工业价值的见于下二迭纪。根据含矿床石灰岩的岩性可分为四类:

1. 薄层铁质含矿灰岩,为细粒碳酸盐,泥质物质受铁的氢氧化物浸染,见有分散的方解石、石英、磷灰石的晶体、黄铁矿的小颗粒。矿体为透镜体,铀呈吸附状产于铁的氢氧化物、泥质、有机物和钙的磷酸盐内,铀与磷的关系密切,和不溶解残余物的量成正比。

2. 黑色炭质含矿灰岩,与围岩整合,沿层理面矿化,矿体呈扁豆状。

3. 铀产于铁化沉积角砾岩中(角砾为砂质碎块,胶结物为碳酸盐、铁质碳酸盐、泥质物质),于薄层铁质含矿石灰岩之上,铀与胶结物有关,呈吸附状产于铁的氢氧化物和含有机质的泥质物质内。

4. 铁化构造角砾岩含矿,角砾为碎石、纺锤虫石灰岩、纯石灰岩、炭质石灰岩及薄层石灰岩,胶结物是铁质碳酸盐、碳酸盐泥质物质,铁化最强的胶结物中含铀呈吸附状。

属于浅海相沉积,铀在还原作用下,铀和黄铁矿一起沉淀下来或被铁的氢氧化物有机质及泥质吸附。含铀石灰岩风化后可形成风化残积矿床。已有矿床实例证实。

陆相沉积山间盆地中的铀矿化

陆相沉积山间盆地中的铀矿化与浅色砂质页岩层有关,其时代为白垩纪到第三纪。这一类型的铀矿床分布广泛,具有重要的工业意义。

1. 铀矿床的生成与古地理环境关系密切,为封闭盆地和山间盆地内、古河床三角洲、湖泊边缘、泻湖等沉积环境。三角洲相、湖泊边缘相的矿床具有工业价值。铀富集于河流入口和盆地边缘1—4公里的地区,往盆地中部矿体变贫或尖灭。

2. 铀与有机物质共生在一起,山间盆地中的浅色层内有大量的有机物质,铀与有机物质关系密切。有机物质是铀最好的吸附剂。根据观察有机物质存在形态和分布有以下几种方式:

i. 有机物质呈炭化沥青状(无烟煤状)的小细脉,具贝壳状断口,有光泽,沿层理面分布,放射性照象表明,铀含量高的地段都与这种有机物质有关。

ii. 有机物质呈碎片状,不规则地分布在层面上,铀的富集不均匀。

iii. 有机质呈粉末状、颗粒状、薄层状分布于层面上或污染整个岩石部分,见于交错层理面上,形成清晰的交错层理,矿化较好。

iv. 有机物质呈树枝状,不规则地分布于砂岩中。

v. 有机物质呈松脂色的琥珀。

有机物质在矿床中分布极不规则和不均匀,往往在同层浅色层内,有的有机质富集很多,部分地方则没有。有机物质的来源可能为盆地边缘的植物碎屑,树枝被水带到盆地中来,水流缓慢地方(河床边、河流转弯处、三角洲附近、湖边等)堆积起来,被掩盖经炭化而成。

有机物质中见稠密的黄铁矿细小颗粒浸染,黄铁矿可能为水溶液中的二价铁在还原环境下,与有机物质炭化时所产生的 H_2S 作用氧化而生成的。

3. 铀矿化受强烈的岩相控制,铀产于浅色岩相中,山间盆地浅色岩层分布极不稳定,厚度变化大(100—250米以上),出露面积不大,呈带状,长数公里—20公里。浅色层可分为数个含矿层位,每个含矿层又可分数个矿层,含矿层之间被红色砂岩粉砂岩相隔成互层出现,厚度由数米到20米不等。矿层之间间隔有0.7—3米的砂岩或红色岩层。矿层由若干不连续的扁平透镜体组成的。矿化界线明显,生在一定的岩性中(淤泥岩、泥板岩,含有机质的砂岩或分选不好的砂岩)。矿体沿走向和沿倾斜变化都很大,长由数十米到数百米,厚一般小于1米。矿化不均匀,有时随岩性的尖灭而尖灭。

4. 铀矿化极不均匀,含矿透镜体的大小相差很大,是典型的同生后生沉积矿床。同生沉积的时候铀不富集而经过地下水的作用才变为工业矿床。在矿体上面存在透水性好的砂岩,其淤泥岩和泥质岩为隔水层,同时有机物质存在的条件下,泥质物和有机物把铀吸附下来聚集为矿体。

5. 铀物质的来源与山间盆地边缘花岗岩体有着密切关系,从已发现有铀矿化的山间盆地中,周围都存在花岗岩。盆地内见到长石砂岩便足以证明碎屑物质是由花岗岩体风化后搬运到盆地中沉积下来,而铀也一样被溶解于水溶液中流入盆地,在有利的环境下沉积下来。其他古生代沉积岩中含铀和早形成的铀矿床也是沉积铀矿床物质来源之一。

6. 山间盆地除有铀矿床外,还有铜铀矿床,铀、铜有时共生在一起。第三纪盆地中已找到工业价值的铜矿床,能见铜矿物有辉铜矿、铜蓝、孔雀石等。铀与铜的共生关系还未研究清楚。铀在浅色层中主要呈离子分散状态存在于有机物和泥质物中。铀矿物种类不多,在氧化带可见铜铀云母、钙铀云母、铀黑,其共生元素有Mo、V等。

7. 铀在地表一般辐射强度不高,往深部揭露逐渐变好。因在氧化带铀被溶解带走的关系,例如有一个矿床地表只有100—200 γ 的两个异常点,深部工作后是一个很好的矿床,所以在评价异常时山间盆地浅色层中的异常应非常慎重,否则会漏掉矿床。

8. 浅色层为陆相沉积铀矿床的找矿标志,在地表为灰白色、浅黄色,非常明显,目前在红色岩层中还未见有矿化现象。这是沉积环境决定的,也就是说在氧化环境下不会形成铀矿床。

沉积铀矿床的矿物共生组合

沉积矿床的地球化学特点最主要的是与有机质的关系,往往在沉积矿床中发现有机质。有机质可吸附铀或与铀组成一种化合物。有机质吸附铀的多少与有机质的炭化程度有关,即与它的吸附面积有关。因此有铀的地方往往有有机物存在。但它们不一定成正比关系。

铀的沉积是还原环境;有很多的金属元素也需要在沉积环境下组成硫化物沉淀出来。它们的沉淀环境一样,所以在沉积矿床中常伴生有钼、铅、锌、铜、铁、镭等元素,其次也常有稀有元素存在,可能是被有机质吸附所造成。铀除了与有机质有密切关系外,有的矿床与磷钒有关,如含铀磷块岩,其次铀与泥质物也有一定的关系,铀是被泥质物质所吸附富集起来的。

小 结

1. 沉积铀矿床与古地理环境有关,古地块边缘,内陆山间盆地是铀沉积的良好环境。一般为陆缘海、泻湖、湖泊、池沼、古河床和三角洲沉积。

2. 山间盆地边缘有酸性侵入体存在,对铀矿床的生成最为有利。花岗岩中铀克拉克值含量为 3.5×10^{-4} , 一立方公里花岗岩中含纯铀 9000—10000 吨。风化后铀溶于水中被带到盆地中,在良好的环境下,只要 10% 的铀沉积下来就能组成工业矿床。

3. 沉积铀矿床受明显的岩相控制,含磷岩层和浅色岩层是找海相和陆相沉积的主要标志。铀矿床与含磷层和浅色岩层伴生在一起。

4. 铀和有机质、磷在矿床成因上关系密切,有机质和磷是铀沉淀的最好的吸附剂。

5. 铀矿化时代从下古生代到第三纪,主要见于下古生代和第三纪。

6. 白垩—第三纪的山间盆地,分布较广泛,面积大小不等,但都有铀矿化存在,有的伴生有铜矿床。