

CN9400810

CNEC-00718

BBUG-0008

中国核科技报

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

花岗岩型铀矿富矿地质特征及形成条件

THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND FORMING
CONDITIONS OF GRANITE TYPE
URANIUM-RICH ORE DEPOSITS

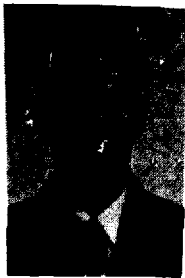
(In Chinese)



原子能出版社

中国核科技报

China Nuclear Information Centre



李田港：核工业北京地质研究院高级工程师。
1962年毕业于莫斯科有色金属与黄金学院放射性地质系。

Li Tiangang: Senior engineer of Beijing Research
Institute of Uranium Geology. Graduated from
Department of Radioactive Geology of the
Moscow Nonferrous Metal and Gold Institute in
1962.

CNIC-00718

BRIUG-0008

花岗岩型铀矿富矿地质特征及形成条件

李田港 童航寿 冯明月

李月湘 徐展

(核工业北京地质研究院)

摘 要

在详细研究 201、361 和其它花岗岩型富铀矿床地质特征和地质条件以及对富矿床和贫矿床的地质条件进行全面对比的基础上着重分析了富矿形成条件、富集机制、找矿判据和靶区。第一次全面阐述了花岗岩型铀矿富矿成矿规律。首次提出铀矿物和脉石矿物分离沉淀是富矿形成的基本机制,叠加致富不是富矿形成普遍规律,富矿床多为一个成矿阶段或主要为一个成矿阶段形成的新观点。

THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND FORMING CONDITIONS OF GRANITE TYPE URANIUM-RICH ORE DEPOSITS

(In Chinese)

Li Tiangang Tong Hangshou Feng Mingyue
Li Yuexiang Xu Zhan

(BEIJING RESEARCH INSTITUTE OF URANIUM GEOLOGY, CNNC)

ABSTRACT

The forming conditions and concentration mechanism of rich ore, criteria of prospecting ore and selection of uranium-rich ore target area are introduced in the article which is based on the studying geological characteristics and conditions of granite type uranium-rich ore deposits of No 201 and 361, and comparison of rich ore deposits and poor ore deposits in geological conditions. This is the first time in China to discuss the mineralization pattern of granite type rich-uranium ore comprehensively. Some new view points are also presented, such as the separate deposition of uranium minerals and gangue minerals is the main mechanism to form rich ore, for rich ore formation the ore enrichment by superimposition is not a universal regularity and most uranium-rich ore deposits are formed within one mineralization stage or mainly formed in one mineralization stage.

1 201 和 361 矿床产出的区域地质背景

本区在大地构造上处于华南加里东褶皱带中赣南隆起的边部与粤北海西-印支拗陷带的接壤部位,地壳成熟度高。铅同位素资料表明,深部可能存在太古界和元古界岩石以及富铀的陆壳基底。本区又位于东西向构造和南北向构造的复合部位,印支-燕山期等各期次花岗岩体非常发育。在中新生代晚期,它又处在我国东部安第斯型大陆边缘的弧后开张带中,有利于铀矿的形成。

本区位于诸广山南部,主要由岩浆岩组成,出露的地层属于加里东构造层的震旦-寒武和奥陶纪海相泥砂质类复理式建造,海西-印支构造层的泥盆与石炭纪的碎屑岩和碳酸盐建造以及上白垩和老第三纪红色碎屑岩建造。

岩浆岩有加里东期混合花岗岩片麻岩、海西期云辉二长岩、印支期中粗粒斑状黑云母花岗岩、中粗粒斑状黑云母二长花岗岩、中细粒小斑状二云母花岗岩、燕山期中粗粒斑状黑云母花岗岩、中细粒黑云母(二云母)花岗岩以及各种中基性岩墙,特别是印支和燕山期岩体岩石铀含量高,自变质、它变质和热液蚀变强烈。

在重力图上可以看出诸广山地区各铀矿田均位于幔凸和幔凹之间的过渡区或幔凹或幔凹之间的相对隆起区与花岗岩体的复合部位。百顺矿田位于九峰-九龙脑地壳增厚带(即地幔凹)的东南侧,在九龙脑地幔凹与周围地幔凸之间的两条北东向和两条北西向深断裂限制的块体内。其中澜河-大余-南康深断裂通过百顺矿田,可能对矿田产出起控制作用。乐昌-仁化北侧的东西向深断裂也影响了本区。

通过卫片解译,可以看出本区近东西向构造十分醒目,北北东向构造也自成系统,如烟筒岭带从卫片上看,不是牛澜带的分支构造,穿过它后往南东继续延伸,环状构造比较发育。矿床定位于近东西向构造与北北东或其它方向的硅化断裂带复合部位和有环状构造出现部位。

在航测磁场上,诸广山岩体主体印支-燕山期岩体具弱磁性,反映岩体暗色组份较低,副矿物为钛铁矿型,自变质及热液蚀变作用较强。

在航放铀场图上,铀高场多呈南北向分布,反映南北向构造在控制岩体分布和铀的活化改造方面起了重要作用。铀矿床多分布在铀的中高场中(常在 5~10 g/t 之间),仅少数在高场中。本区铀矿床都出现在钾、铀中高场重合区。此外 Th/U 比值场对找矿也具有重要意义,铀矿床多在 Th/U 低值场区。

2 201 和 361 矿床地质

通过对两个矿床主要围岩中粗粒斑状黑云母二长花岗岩的研究,发现二者在岩石化学成分、稀土元素和微量元素、稀土分布模式、自变质作用、伟晶岩发育程度等方面有明显差别,进而确定 361 矿床的中粗粒斑状黑云母二长花岗岩为靠近顶部相或边缘相岩石,201 矿床的中粗粒斑状黑云母二长花岗岩为靠近内部相岩石,从百顺矿田全区看,此种岩石的中心相在苍石-白云一线,相当于航放场上的高社区。

通过对 201 矿床中粗粒斑状黑云母二长花岗岩的铅同位素 Pb-Pb 等时年龄计算,获得源岩年龄 29.5 亿年,推断本区下部存在太古-元古界老基底。

通过矿床剖面各种蚀变岩石薄片、光薄片、人工重砂、裂变径迹和铀钍含量变化等方面研究得出：(1)在脉旁蚀变带内，铀是增高场，但是稀土元素、副矿物、品质铀矿相对减少，活动铀比例增加；(2)在脉旁蚀变影响以外的蚀变岩石，铀是变动场，副矿物和品质铀矿的多少主要与岩石的碎裂和蚀变程度有关；(3)粗糜棱岩和碎斑岩中副矿物保留最少，内生活化作用最强。

201 矿床围岩蚀变为矿前面式蚀变和矿期脉旁蚀变两个时期。前者以水云母化和绿泥石化为主，表现为 K_2O 普遍增高， Na_2O 、 CaO 、 MgO 、 FeO 等减少；后者除水云母化、绿泥石化外，近脉硅化、赤铁矿化、黄铁矿化明显，蚀变具水平分带性。从外往内 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 FeO 增加， Na_2O 减少，伴生元素 Mo 、 As 、 Sb 、 Pb 、 S 和 Cu 增加， $\delta^{18}O$ 值、稀土总量和分量降低，副矿物减少直至消失。

361 矿床围岩蚀变主要有矿前交代作用和矿期热液蚀变作用。前者以钠长石化、绿泥石化、赤铁矿化为主，碳酸盐化和白云母化次之，后者为水云母化、绿泥石化、硅化、萤石化、黄铁矿化。从矿体中心往外， Mo 、 As 、 Sb 等元素含量逐渐降低，与铀变化不完全同步， Pb 、 Zn 、 Cu 、 Y 、 Be 等元素含量随铀含量同步降低，显示后者是铀成矿阶段的伴生元素的特征。

通过矿床各种岩石和矿物的稀土元素含量、分布模式的研究表明：(1)稀土元素在酸性热液中带出，其带出的程度与蚀变强度有关，重稀土比轻稀土更易带出。(2)矿石矿物和脉石矿物中的稀土元素主要来自蚀变围岩，沥青铀矿稀土模式与围岩稀土模式一致。(3)在碱性溶液中，稀土大量带入并沉淀在碱交代岩中，中稀土和重稀土比例增大。(4)在酸性热液中，稀土元素大量进入溶液而又未在脉体中大量沉淀，必然影响铀酰络合物的稳定性，使其向分解方面发展，有利于铀的还原沉淀。

通过稳定同位素研究得到如下认识：(1)361 矿床不仅矿前的白色块状石英和矿期热液以大气降水成分为主，而且碱交代作用和白云母化热液也有大量大气降水加入。碱交代全岩 $\delta^{18}O$ 值为 $+4\% \sim +2\%$ 比原岩花岗岩 $\delta^{18}O$ 值 ($+11\% \sim +9\%$) 低。白云母 $\delta^{18}O$ 值为 $+4.35\%$ ，换算成 $\delta^{18}O_w$ 为 4.26% ，白色块状石英和矿期石英 $\delta^{18}O_w$ 值多为负值。(2)201 矿床导矿构造三号带的细晶石英 $\delta^{18}O$ 水为 $+7.28\%$ ，比储矿构造一号带矿前石英 ($\delta^{18}O_w + 0.45\% \sim +1.83\%$) 和矿期石英 ($\delta^{18}O_w + 0.95\% \sim +1.18\%$) 的 $\delta^{18}O_w$ 高得多，表明一号带矿前和矿期热液都以大气降水为主，而三号带的热液则以深源水为主。结合矿床地质结构，推测当时存在双循环热水对流体系，两者在成矿部位混合导致成矿。(3)从 361 矿床近矿蚀变围岩 $\delta^{18}O$ 值向矿体方向不仅没有降低反而有所提高来看，推测成矿热液为低水岩比水或深部来源水，后者的可能性更大。(4)201 矿床脉体和蚀变围岩的 $\delta^{34}S$ 值均为负值，变化范围不大，为 $-1.4\% \sim -7\%$ ，成矿期总硫量为 -12.18% ，反映了以生物硫为主，硫源比较单一，成矿物理化学条件比较稳定。 $\delta^{34}S$ 值在脉体中从早到晚变小，在蚀变带中从内到外负值增大。

通过构造研究，推断 201 矿床南部的北西西向混合岩带不是过去认为的变质岩残体，而是一个断陷带，沿带碱交代体断续分布，它与卫片上明显显示的近东西向大构造一致，是其组成部分。提出三号带和烟筒岭带是深构造，查明了近东西向构造与北北东向烟筒岭断裂和三号带复合决定着矿床产出部位。引进艾切戈巴断裂擦痕电算新方法对 201 矿床古构造应力场进行了定量测算并配合宏观地质构造和显微构造研究，阐明了本区构造发

展历史和应力场的变化情况。

通过脉体和成矿阶段研究,搞清了 201 矿床有两个成矿阶段,起主导作用的是第二个成矿阶段,并查明该阶段矿物的生成顺序。361 矿床有 6 个成矿阶段,起主导作用的是第四成矿阶段。提出富矿形成不一定要多阶段矿化累积迭加致富,更主要的是一个成矿阶段形成的新观点。并提出两种富矿的形成方式:一种是沥青铀矿先沉淀,大量脉石矿物后沉淀;另一种是大量脉石矿物先沉淀,沥青铀矿主要在后来某一阶段沉淀富集。

201 矿床矿期石英成矿温度 288~340℃(爆裂法),压力(570~590)×10⁵ Pa,盐度 1~1.4 wt%NaCl 当量。361 矿床成矿期紫黑色萤石均一温度为 161~187℃,压力为(400~440)×10⁵ Pa,盐度为 1.7~4.8 wt%NaCl 当量。包体成分主要属 HCO₃⁻-K⁺-Na⁺-Ca²⁺型,F 和 Ca²⁺ 在成矿末期和矿后热液中增高,SO₄²⁻ 含量在矿期和矿后期相当高,达 0.3~1.0 mol/L,表明还原性硫较多,这对沥青铀矿沉淀有利。矿期热液铀浓度高,201 矿床为 120~140 g/t,361 矿床为 7.1~27.1 g/t。

通过两个富铀矿床的典型解剖和后来区域上大量富铀矿床研究及贫铀、富铀矿床的对比,该项目总结出华南花岗岩型铀富矿的地质特征和形成条件以及找矿判据及今后工作意见等,现择主要部分论述如下。

3 富铀矿矿化类型

花岗岩型铀富矿矿化类型可分为:花岗岩硅化蚀变带中石英-萤石-沥青铀矿脉型;蚀变中基性岩墙或富暗色组分地层中碳酸盐-沥青铀矿脉型;花岗岩体内外接触带蚀变碎裂岩带中绿泥石-沥青铀矿脉型;花岗岩外接触带沉积变质岩中沥青铀矿大脉型;花岗岩硅化蚀变带中次生铀矿富集型。

4 富矿和贫矿地质特征对比

本章从富矿和贫矿产出的岩性条件、构造条件、矿石的特点、围岩蚀变特点、成矿的物理化学条件等诸方面进行了全面的对比,从中总结了富铀矿床的主要地质特征:前燕山期富黑云母花岗岩,中基性岩墙及富暗色组分的沉积变质岩是其有利岩性;深构造旁侧的良好储矿构造是其就位的场所;蚀变规模大,蚀变程度强,绿泥石化发育是其主要识别标志;成矿温度高、热液铀浓度大是成富矿的重要条件。

5 富矿形成条件和富集机制

5.1 富矿形成条件

5.1.1 丰富的铀源和深构造条件是形成富矿的基础

从 201 矿床和 361 矿床以及其它富铀矿床的研究中得知,矿床所产生的花岗岩以及基底地层都有较高的铀含量,这些富铀体为矿床的形成提供了丰富的铀源。但要使丰富的铀源变成铀矿床,还必须具备岩体固结后的构造作用,特别是深构造作用。前面已论述过 201 和 361 两个富铀矿床的深构造背景,其它富铀矿床都有这样的深构造背景,如相山矿田的富铀矿床都分布在横涧-邹家山-石洞北东向一线,其原因在于邹-石构造是多期活动的深断裂,深构造的作用在于提供从深部上升的气、液和铀源,开启热源、形成热液对流体系。构造深、热量大、涉及岩石体积极大,因而铀源更丰富,热液更充足稳定,形成矿床更富更

大。

5.1.2 良好的储矿构造是形成富矿的关键

良好的储矿构造不仅为矿液提供储矿空间而且是导致热液运移和物化条件改变,从而影响矿化富集的重要外部因素。好的储矿构造必须具备三个条件:(1)有一定规模的与矿液物化条件反差较大的局部破碎空间;(2)存在着某种屏蔽的半开放条件;(3)与大构造或深构造相通,满足第一个条件的构造是长数百米,宽数米到数十米的角砾破碎带、网状裂隙带或长数百米,宽数米的成组破碎蚀变带。满足第二个条件的构造是缓倾斜的构造泥和糜棱岩带。第三个条件是储矿构造与导矿构造的关系,储矿构造只有和导矿构造连通,才能源远流长,形成大矿。

5.1.3 脉石矿物与沥青铀矿不共沉淀和少共沉淀。

(1)在较强的还原条件下,铀首先达到饱和而沉淀;而石英、萤石、碳酸盐等主要脉石矿物不受强还原条件制约,达不到过饱和水平继续留在溶液中,从而造成沥青铀矿单独沉淀或优先沉淀的状态。

(2)较高的含铀浓度。热液中铀浓度高容易成矿,因为它对成矿环境要求比较宽松,在较高的氧化还原电位或较大的pH值条件下即可成矿。另一方面,铀浓度高,铀矿物可先于脉石矿物达到过饱和状态而沉淀富集。

(3)CO₂逸出和溶液酸碱度变化。CO₂逸出可使碳酸合铀酰离子分解,铀浓度提高铀被还原剂还原。另一方面,CO₂逸出可使溶液碱度提高,抑制SiO₂沉淀。这就造成沥青铀矿先沉淀而脉石矿物不沉淀或少沉淀。酸碱的变化也可以起到同样的效果。

(4)较高的成矿温度。在其它条件相同的情况下,温度升高可使铀酰络离子离解度增加,化学反应速度加快,有利于沥青铀矿的形成。

(5)相对富泥贫硅环境。富硅环境不利于后来构造的发育。而富泥环境对SiO₂沉淀起抑制作用,粘土蚀变常伴随黄铁矿化造成还原环境,有利于沥青铀矿沉淀。

5.1.4 相对稳定的成矿期构造和水动力条件是形成富矿的充分条件

相对稳定的成矿期构造是指成矿期构造形成以后保持状态的相对稳定性,不立刻发生新的构造活动。成矿水动力条件是指热液的进入和逸散规程。考虑到成矿作用是在半开放的体系中进行,即携带铀、还原剂和其它组分的热液不断进入成矿构造,由于物化条件的改变而产生沥青铀矿沉淀,其残余溶液不断逸出,如果上述两项条件不能得到充分满足,成矿作用就可能终止。

5.1.5 其它条件

(1)深部源在富矿形成中的作用。铀的富集通常是在地层褶皱后剥蚀、地幔隆起、地壳引张、基性、超基性岩浆上涌和断裂断块发育的条件下形成,因此地幔派生的CO₂、CH₄、H₂F和碱质等对深部富铀层(体)起活化浸取作用。这种作用应给予足够的重视。

(2)沉淀方式。铀硅胶体共沉淀不是形成富铀矿床的普遍条件,铀硅沉淀时分离是形成富铀矿床的主要机制。

(3)叠加致富。叠加致富不是富铀矿形成的主要途径,许多富铀矿床主要是在一个成矿阶段形成,成矿作用叠加可以提高矿石的品位,但也可使矿石贫化。

5.2 富矿形成机制和成矿模式

5.2.1 富矿形成基本机制

我国花岗岩型铀矿床中硅化带型铀矿占据主要地位,故矿床中硅铀的比例是衡量矿床贫富的主要标志,富铀矿床的硅铀比低。如果能满足铀矿物和脉石矿物在沉淀时(在空间上或时间上)分离,造成铀矿物沉淀,脉石矿物少沉淀或不沉淀,这就是富矿形成的基本机制,这种状态持续时间越长,矿石品位越富,矿床规模越大。

5.2.2 富矿成矿模式

花岗岩型富铀矿床形成模式可以简单地概括为以下几点:

(1)地壳成熟度高的富铀基底。
(2)铀含量和品质铀矿含量高、自变质以及构造和热液蚀变作用比较强烈的岩体。
(3)发育有在地幔隆起、地壳引张条件下形成的中基性岩墙、大硅化蚀变带(剪切带)和红色碎屑岩沉积。

(4)切割比较深,封闭性较好的大构造及其次级带。

(5)具有一定规模的、半封闭的、富含蚀变粘土矿物、还原物质、 Fe^{2+} 的破碎空间。

(6)铀源主要来自富铀花岗岩的内生活化,部分来自深部和地表,深部铀源和还原性物质加入是形成富矿的重要因素。

(7)富矿是在稳定的成矿期热液深循环对流体系统中形成,水主要来自地表,部分来自深部岩浆源和岩石,地层封闭的水,热液适度降压、环境还原,以及温度相对稳定或微降是形成富矿的主要物化条件。

6 富矿找矿判据及工作意见

6.1 富矿找矿判据

(1)在区域选区上选择地壳成熟度高的相对隆起地块,基底岩石最好以冒地槽型细碎屑沉积为主并经受多期多阶段构造岩浆活动,富铝富钾花岗岩和酸性火山岩广泛发育,地史上有过从挤压隆起转为拉张裂隙、断陷红盆发育和基性岩浆上涌期的褶皱带和活化区,在壳幔深部构造方面,中新世代热液脉型铀矿多分布地壳相对增厚区中的慢凹和慢凸之间的过渡区和深断裂发育区,特别是深断裂切割深部构造层的富铀层(体)。

(2)矿区和矿田这一级别的找矿判据主要有岩石的高含铀量(包括铀含量、品质铀含量和钍铀比);岩浆活动中心;铀的活化程度(包括区域构造、热液蚀变、 γ 场和铀场的跳动程度以及与铀的迁移量大小等);深断裂带和断陷带分布区,特别是双带夹持区和几组大构造复合区;航空能谱铀场和钾场中、高场重合区、钍铀比值场低值区;沥青铀矿脉型矿化点带分布区与各种物化探异常分布重合区以及古地热高场区。

(3)富矿床的定位主要取决于矿田内各种有利的岩性和构造条件的合拍所形成良好的储矿构造地段,如:

- I 被晚期中细粒岩石圈闭的早期中粗粒斑状岩体遭受断裂切割地段;
- II 控矿断裂带产状变异并与岩体接触带复合地段;
- III 含矿大断裂带与中基性岩墙或其它有利岩性交切地段;
- IV 控矿断裂带迭加角砾岩地段;
- V 岩体外接触带富含碳质或其它还原物质地层顺层或切层构造发育地段;
- VI 切割红盆基底的控矿构造通过红盆的底部富铀地质体地段等。

富铀矿床的分布往往有近外带、近基底、近火山口的特点。

矿石和蚀变带中 Co、Ni、V、As、Sb、Mo、Nb、Y 等显著提高是富矿区别于贫矿的重要地化标志。

6.2 今后工作意见

本项目通过对华南花岗岩型富铀矿床的研究及贫富铀矿床的对比,对今后找花岗岩型富矿提出九条战略性意见,如破除传统的成矿观念;加强深部铀矿前景探索;借鉴成矿构造新理论(拆离构造、聚矿构造)对已知花岗岩型矿田、矿床的构造进行重新认识等,对具体地区也提出了今后找富矿的重点地段,主要有:

(1) 诸广南部地区

I 烟筒岭带(汾水地段、高低岭地段、黄沙地段)。

II 蕉坪断裂带。如断裂带南段与东西向的中性脉岩复合部位。

III 南雄断裂带。如南雄带与斜州-牛砾-吊基岭和蕉坪-361 矿床-234 矿床二条北西向构造交汇部位。

(2) 诸广北部地区

I 羊角脑-下古选地区

II 秀才洞-九龙迳地区

(3) 其它地区

I 新的交点型矿床。如贵东岩体东部的石角围-仙人峰地区。

II 新桥断裂带。该带与 86 号带、92 号带深部挟持部位。

III 九嶷山岩体北外带(牛头江-枫木铺地区)。

参 考 文 献

- [1] 杜乐天等. 花岗岩铀矿床文集. 原子能出版社, 1982
- [2] 湖南省地质局区调队. 诸广山复式岩体的成因、演化及其与成矿的关系. 1984
- [3] 李田海. 201 和 361 矿床地质特征和富矿形成条件的初步分析. 铀矿地质, 1989, 2
- [4] 王德芳, 高德统, 郑承仪. 诸广山岩体南部富铀矿成矿地球化学条件初步分析. 铀矿地质, 1989, 4
- [5] *Особенные черты генезиса урана в юге. Акад. Наук СССР, Москва, 1963*
- [6] Г. В. Наумен. Основы химии элементов через рудобразования. Атомизд. Москва, 1978
- [7] J. Hueve, D. Quirt. A stationary redox front as a critical factor in formation of high grade unconformity-type uranium ore in the Athabasca basin, Saskatchewan, Canada, in *Bull. mineral.* 1987, 110
- [8] 赵凤民, 沈才卿. 17—115℃沥青铀矿合成及其形成速度的实验研究. 铀矿地质, 1985, 3

C

花岗岩型铀矿富矿地质特征及形成条件

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

中国核科技报告编辑部排版

核科学技术情报研究所印刷

☆

开本 787×1092 1/16·印张 1/2·字数 10 千字

1993 年 3 月北京第一版·1993 年 3 月北京第一次印刷

ISBN 7-5022-0866-6

TL·559

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



This report is subject to copyright. All rights are reserved. Submission of a report for publication implies the transfer of the exclusive publication right from the author(s) to the publisher. No part of this publication, except abstract, may be reproduced, stored in data banks or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, China Nuclear Information Centre, and/or Atomic Energy Press. Violations fall under the prosecution act of the Copyright Law of China. The China Nuclear Information Centre and Atomic Energy Press do not accept any responsibility for loss or damage arising from the use of information contained in any of its reports or in any communication about its test or investigations.

ISBN 7-5022-0866-6
TL · 559

P.O.Box 2103
Beijing, China

China Nuclear Information Centre
