

一个铀钨矿床的成矿地质条件及成因特征

黄广荣 庞玉蕙

(成都地质学院三系, 成都)

摘要: 至今, 在国内外已发现的单铀或单钨的脉状矿床或层控矿床为数不少, 但铀钨均具工业意义的铀钨(沥青铀矿-白钨矿)组合的矿床却极其少见。本文介绍了一个这样的矿床的成矿地质条件及成因特征: 该矿床的形成受花岗岩、地层、岩相、构造、地下水及区域地球化学环境的联合控制; 从矿石建造和有用元素组合角度看, 这是一个矿床新类型, 从成因上看, 是花岗岩型热液矿床与层控矿床之间的过渡类型。

关键词: 铀钨矿床 成矿地质条件 成矿系列

到目前为止, 在国内外, 已发现的单铀或单钨的脉状矿床和层控矿床均为数不少^[1], 但

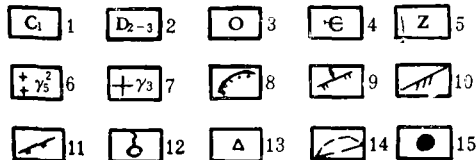
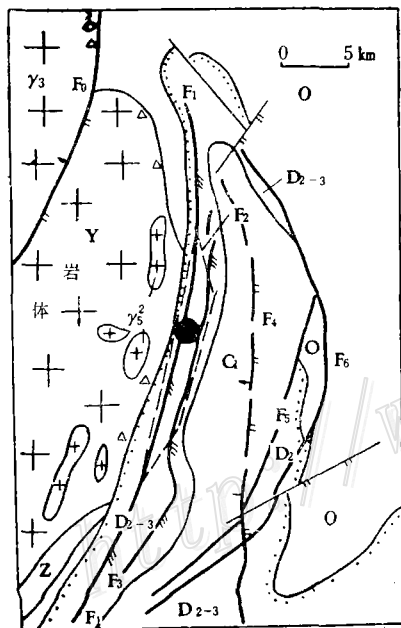


图1 区域地质略图

(据310队资料简化)

1—下石炭统; 2—中上泥盆统; 3—奥陶系; 4—寒武系; 5—震旦系; 6—燕山期花岗岩; 7—加里东期花岗岩; 8—不整合接触; 9—区域性断层; 10—多次活动的复杂断层; 11—压扭性断层; 12—温泉; 13—钨(铋)矿床及矿点; 14—矿化范围; 15—铀钨矿床

Fig. 1. Regional geological sketch map. 1—Lower Carboniferous; 2—Middle-Upper Devonian; 3—Ordovician; 4—Cambrian; 5—Sinian; 6—Yanshanian granite; 7—Caledonian granite; 8—Unconformity; 9—Regional fault; 10—Complex fault of multiple activity; 11—Compresso-shear fault; 12—Spring; 13—Tungsten (tin) ore deposit or ore spot; 14—Area of mineralization; 15—Uranium-tungsten deposit.

黄广荣, 男, 58岁, 副教授, 1959年毕业于北京地质学院。邮政编码: 610059
1991年2月收稿, 1991年11月二次修改回

铀钨均具工业意义的铀钨（沥青铀矿-白钨矿）组合的矿床却极其少见。本文即介绍我国发现的这样一个矿床。

矿区位于江南地轴西南段与加里东褶皱带的过渡带，矿床产在一个以加里东期陆壳重熔型花岗岩为主的复式岩体（Y岩体）的外接触带，中上泥盆统的层间断裂构造带中（图1）。矿床的形成与花岗岩、地层、岩相、构造、地下水等关系密切，是一个既与花岗岩成矿系列具有密切关系又具有层控特征的复成因矿床。

1 矿化有一定层位，并与泻湖相地层密切相关^{〔2〕}

区域内出露的地层有元古界板溪群、震旦系，以及寒武系、奥陶系。矿区内主要出露中上泥盆统和下石炭统。中泥盆统超覆在前泥盆系和加里东期花岗岩之上。矿化出现在中泥盆统应堂组顶部（ D_2d^5 ）与东岗岭组底部（ D_2d^1 ）之间，以及上泥盆统榴江组第二层（ D_3l^2 ）与第三层（ D_3l^3 ）之间，含矿地层属泻湖相（表1）。这些地层中成矿元素U、W的含量常高出克拉克值几倍到十几倍，可为成矿提供物质来源，而且其中富含有机质、黄铁矿及粘土矿物，具有较强的还原能力和吸附能力，有利于铀的后生富集，白云岩有利于白钨矿的沉淀。

2 矿床与花岗岩的关系

矿床西边出露大面积的复式花岗岩体——Y岩体，它主要由加里东期的中粒似斑状黑云母花岗岩组成，其次有少量印支期小岩体和较多的燕山期花岗岩岩株及各种脉岩^①。这些燕山期岩株和脉岩，多受区域断裂构造控制，分布在Y岩体的内外接触带。Y岩体的西面还有一个与其规模相当、组成相似的M岩体，其中的燕山期岩浆活动更强烈，并伴生有重要的花岗岩型热液铀矿床。

所有这些岩体都有较高的铀、钨丰度值，如Y岩体（ γ_3 ）含钨 7.03×10^{-6} （为无矿岩体的3倍），含铀 16.6×10^{-6} 。据矿区附近及邻区七个岩体资料（据赵逊，1980），燕山期岩体的铀含量最低为 13×10^{-6} ，平均 34×10^{-6} ，岩体中的黑云母和锆石的铀含量分别（平均）为 71×10^{-6} 和 1000×10^{-6} ；各岩体中 WO_3 含量也普遍较高，由几至几十ppm，其中黑云母含钨可达 560×10^{-6} 。这些岩体中还有富含铀钨的副矿物共生组合，如二长花岗岩中的副矿物以白钨矿为主，含少量辉钼矿、黄铜矿、黑钨矿；二云母、白云母或黑云母花岗岩中的副矿物有黑钨矿、白钨矿、锡石、铌钽矿、铀矿物和多种金属硫化物。此外，这些岩体的Th/U比值都很低，平均为1.1~1.78。上述资料表明，这些岩体可能为铀矿、钨矿及铀钨矿床的形成提供成矿物质来源和热源。事实上，在Y岩体、M岩体及其内外接触带形成了一个相当完整的成矿系列，其中包括花岗岩（浆）型的白钨矿床、黑钨锡石矿床，伟晶岩型Be、Nb、Ta、Sn、Li矿床、黑钨锡石矿床，矽卡岩型的白钨矿床、锡石硫化物矿床，高中温热液石英脉型的白钨-黑钨矿床、黑钨矿床、白钨矿床、锡石-黑钨矿床，中低温热液萤石-沥青铀矿矿床，低温热液的萤石、重晶石矿床等。本矿床紧邻Y岩体东侧内接触带中的一条以钨为主的钨锡矿化带^{〔3〕}（图1），或者说它们共同组成了一个铀钨锡矿化带。从Y岩体的演化特点及其成矿系列和本矿床的主要特点（见后文）来看，本矿床与该成矿系列的关系极其密切，

① 据赵逊，1980，苗儿山—越城岭地区燕山期岩浆活动及其找矿意义，广西地质科技，第二期

表 1 含矿地层岩相与矿化关系表
Table 1. Relationship between lithofacies of ore-bearing strata and mineralization

统	组	分层代号	平均厚度 (m)	矿化位置 (m)	沉积构造	颜色	岩性	生物	沉积相带	铀含量 (10 ⁻⁶)	钨含量 (10 ⁻⁶)															
上泥盆统	江组	D ₃ l ⁵	33	800	水平层理	灰黑色	含有机质生物屑微晶泥晶灰岩	小有孔虫、钙球、介形虫、腹足、蓝绿藻屑、枝状层孔虫、棘屑等	泻湖	6.4																
		D ₃ l ⁴	24	750	水平层理	灰黑色	含有机质含生物屑、泥晶灰岩、含有机质白云化微晶灰岩与生物屑粉晶白云岩互层	蓝绿藻屑介形虫、钙球、棘皮屑、腕足屑		6.9																
		D ₃ l ³	30	700	毫米纹层	灰黑色、灰色	粉砂质泥晶灰岩与生物屑白云岩互层 中部为粉晶白云岩 底部粉砂质泥岩	钙球、介形虫、残余生物屑等		30.6	18.54															
					毫米纹层																					
		D ₃ l ²	135	700	水平层理	灰色	含有机质含粉砂粉晶白云岩与重结晶的中细晶白云岩互层 下部为生物屑泥晶灰岩和泥灰岩	介形虫、钙球、腹足腕足屑、棘屑等		5.4	6.76															
		D ₃ l ¹	25							8.0																
中泥盆统	东岗岭组	D ₂ d ³	203	600	水平层理, 块状层理	灰—灰黑	微晶、不等晶白云岩	残余生物屑	潮坪—泻湖	8.3																
				550																						
		D ₂ d ²	245	500	水平层理 块状层理	浅灰	微晶灰岩, 双孔层孔虫灰岩	双孔层孔虫	泻湖	5.5																
				350																						
		D ₂ d ¹	220	300	水平层理, 块状层理	灰—灰黑	黑色微晶、不等晶白云岩	残余生物屑	潮坪—泻湖	3.5	0.79															
				140																						
		D ₂ i ⁵	10	20	微细水平层理	淡	泥质粉砂岩、石英粉砂岩和粉砂质泥岩互层		泻湖	7.6	51.77															
					水平层理, 冲洗层理																					
		应堂组	D ₂ i ⁴	50	100	水平层理, 冲洗层理 脉状层理、透镜状层理	灰紫色	石英粉砂岩	蠕虫	潮坪	5.2	4.92														
					水平层理或块状层理斜交或垂直虫迹发育																					
D ₂ i ³	20				50								水平层理, 有雨痕	灰	细砂岩, 顶部含豆状赤铁矿	蠕虫	前滨	4.3	11.42							
D ₂ i ²	25				20															水平层理, 水平虫迹冲洗层理	白	中细粒石英砂岩与粉砂岩互层	蠕虫	前滨	3.7	6.66
D ₂ i ¹	10				20																					
花岗岩		燕山期花岗岩 γ ₂							13.1	8																
		加里东期花岗岩 γ ₃							16.6	7.03																

各地层岩体的铀含量及地层的钨含量据 310 队资料(1982, 1986), γ₃ 钨含量据廖庆康(1989), γ₂ 钨含量以华南 γ₂ 钨平均含量代之

它们在空间分布、生成时间、矿物组合以至物质来源都有着明显的联系或演化关系，有理由把本矿床看成是这个成矿系列的一员。

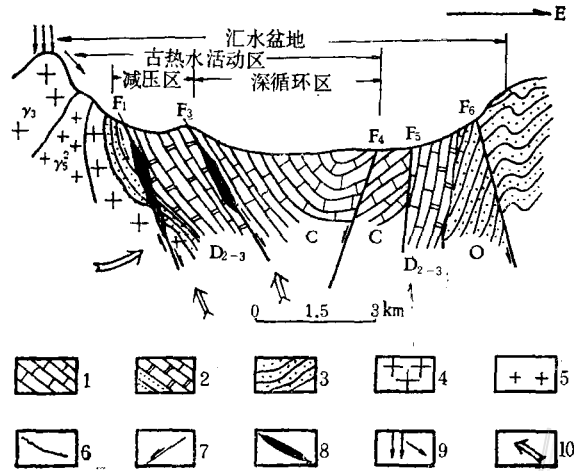
3 矿床与构造的关系

本区经历了加里东期、印支期、燕山期等多次强烈的构造运动，形成了多种构造体系组合的复杂的构造型式。区内主要构造线为NNE向，次要的有SN向、NE向和EW向。矿区地层组成一个总体为NNE向的弧形向斜，向斜两翼发育了一系列以NNE向和近SN向为主的断裂，两翼断块抬升，轴部断块下陷，总体上形成一个向斜断陷构造带（图2）。

图2 区域构造-古水文地质剖面示意图
(据姜佛泉1982年资料简化修改)

1—石炭系；2—中上泥盆统；3—奥陶系；
4—加里东期花岗岩(γ_3)；5—燕山期花岗岩(γ_2^5)；6—不整合面；7—断层；8—铀钨矿体；9—大气降水及地表水、地下水流向；10—古热水流向

Fig. 2. Diagrammatic regional tectonic-paleohydrogeologic section.
1—Carboniferous; 2—Middle-Upper Devonian; 3—Ordovician; 4—Caledonian granite (γ_3); 5—Yanshanian granite (γ_2^5); 6—Unconformity; 7—Fault; 8—Uranium-tungsten orebody; 9—Flow direction of meteoric water, surface water and underground water; 10—Flow direction of paleo-hot water.



向斜西翼的 F_1 和 F_3 两条层间构造带是含矿构造，它们分别通过应堂组顶部(D_2d^5)和东岗岭组底部(D_2d^1)之间、榴江组第二层(D_3l^2)和第三层(D_3l^3)之间的二个界面附近， F_1 长69km， F_3 长24km。 F_1 和 F_3 均发生于印支运动时期，后来受到燕山—喜山期构造的叠加和改造，经历了挤压、压扭和张扭的复杂变化过程，形成沿走向倾向膨胀收缩和分带，组成构造面呈舒缓波状的复杂面貌。这两条构造带，既是地下水和矿液的通道，也是矿质沉淀和储矿的场所；但矿化主要集中在构造通过中泥盆统直接超覆花岗岩的17km地段内（这也是花岗岩体向外突出而可能被 F_1 切割的地段）(图1, 2)。其中，构造带较宽(10~30m)、构造岩分带完全、倾角变化、构造面凹下和与NE或EW向构造交切部位等地段较有利于成矿。矿体产状与构造产状一致。矿化部位是构造通过成矿元素丰度值较高和岩性有利的泻湖相地层部位，也是构造切割深部岩体处的上方部位。

4 矿床与地下水的关系

矿床所处的向斜-断陷构造是汇水盆地，盆地的北、东、西三面环山。矿区西部的花岗岩山区、应堂组砂岩、 F_1 、 F_3 和 F_4 断层及其间的楔形岩块，构成了本区地下(热)水补给、深循环、和减压排泄的完整系统，而矿床正处于深循环地下热水的减压排泄区的 F_1 和 F_3 之中^①(图2)。

从成矿期至今，本区广泛存在地下热水的活动。在矿区西北切过 γ_2^5 岩体的 F_6 断层带中

① 据姜佛泉，1982，3105地区一号矿床地下古热水活动及其成矿的初步认识(内部资料)

有现代温泉出露，水温42~60℃，水质类型为HCO₃⁻-Na⁺-Ca²⁺型；矿床钻孔中的地下水平均水温达18.2℃，少数钻孔中水温达24~26℃；在现代侵蚀基准面以下的F₁构造带的白云岩中，发育着许多与热液脉体（方解石脉、石英脉、萤石脉、沥青铀矿脉，它们的形成温度为120~280℃）及热液蚀变产物伴生的热水小溶孔。

地下水是本矿床成矿物质的活动剂和搬运介质。现代矿区地下水和热液脉体的包体成分测定表明，它们的水质类型基本是一样的，即为HCO₃⁻-Na⁺，HCO₃⁻-Ca²⁺-Na⁺，HCO₃⁻-Ca²⁺-Mg²⁺型。这类成分的地下（热）水有使围岩中的铀钨特别是铀活化转移的能力，而且热水的活化金属能力比冷水更强一些（图3）^①。许多地区的事实证明，在地下水和热泉中，钨的含量可达15×10⁻⁹~300×10⁻⁹^[4]；在近中性条件下，这些钨可以络阴离子或碱金属钨酸盐转移，当水中Ca²⁺浓度较高时，可沉淀出白钨矿^[5]。

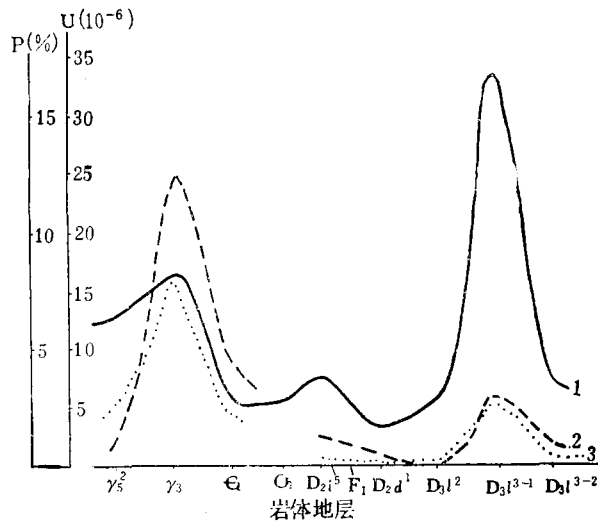


图3 矿区岩体和部分地层的铀含量及其浸出率比较图

(据陈明显, 1983年资料)

U—铀含量；P—铀的浸出率；1—岩体地层的铀含量曲线；2—90℃热水浸泡6小时铀的浸出率曲线；3—常温水浸泡48小时铀的浸出率曲线

Fig. 3. Relationship between uranium content of intrusive bodies and some strata in the ore district and its leaching percentage.

U—Uranium content; P—Leaching percentage of uranium; 1—Uranium curve of intrusives and strata; 2—Leaching percentage curve of uranium after immersion in hot water of 90℃ for 6 hours; 3—Leaching percentage curve of uranium after immersion in water of ordinary temperature for 48 hours.

据矿区地下水资料计算，其中铀的存在形式有五种，但主要是UO₂(CO₃)₂²⁻和UO₂(CO₃)₃⁴⁻两种。在一定的还原条件下，这些络合物将被分解并使铀沉淀，而且其全体沉淀点在空间上构成一个带，而不是一条线或一个面^[6]，即矿化集中和局限在一定的氧化还原带或空间范围内，这与矿床中某些地段（如F₃）中铀矿化垂幅的局限性相一致。

本矿区，在F₁中以热水作用成矿为主，矿化幅度在700m以上，矿石成分较复杂，围岩蚀变较强；在F₃中以冷水下降淋积成矿作用为主，矿化局限在氧化还原过渡带，矿化垂幅仅200m左右，其矿物成分较简单，围岩蚀变极弱。

5 矿化特征及铀钨的存在形式

5.1 矿体

铀、钨矿体为似层状、透镜状的盲矿体（图4），绝大部分分布于氧化还原带及其之下，其形态、产状和规模均受构造控制。矿体沿走向最长可达500~1400m，沿倾向达250m左

① 据陈明显, 1983, 3105地区泥盆系层控铀矿床成矿条件探讨(内部资料)

右,厚度几十厘米至几米。 F_1 中的铀、钨矿化几乎同等发育,铀矿体和钨矿体的空间分布常常紧密相依或合二而一。矿体内除沥青铀矿脉和白钨矿脉外,还有一些规模小、成分简单的热液脉体——方解石脉、赤铁矿脉、紫黑色萤石脉和黄铁矿脉等,充填于岩石裂隙之中,其形成温度在 $120\sim 280^\circ\text{C}$ 之间,属中低温热液产物。在富矿化地段,可见到赤铁矿化、退色化、粘土化等蚀变现象,但其强度弱,范围小,常常只有几毫米至几十毫米。 F_3 中以铀矿化为主,钨矿化较弱。

5.2 矿石类型及铀、钨的存在形式

按照矿化的岩石类型,可把 F_1 中的矿石分为破碎白云岩型(I型)、破碎泥质粉砂岩型(II型)和构造泥岩型(III型)。

I型和II型矿石为热液产物,其主要矿石矿物是沥青铀矿和白钨矿,其次有含铀钨赤铁矿及少量含铀有机质,其他矿物有方解石、白云石、赤铁矿及少量黄铁矿、方铅矿、萤石。白钨矿分布不均匀,有时呈密集的网脉状、浸染状,有时呈稀疏分散状,白钨矿脉厚 $0.1\sim 1\text{mm}$,白钨矿颗粒形状不规则,粒径 $0.05\sim 0.3\text{mm}$,脉体成分单纯,除白钨矿外,只含极少量黄铁矿。另外,在矿化白云岩中的坑道壁或裂隙面上,有时可看到一些粉末状、薄膜状的白钨矿。沥青铀矿呈细脉状、网脉状、浸染状,常形成沥青铀矿-方解石脉,其中有时含少量铅、锌、铜、铁的硫化物,沥青铀矿常具环带状、葡萄状构造。未见沥青铀矿脉和白钨矿脉的穿插关系,但在较早阶段($75\times 10^6\text{a}$)的沥青铀矿中含有百分之几的钨,且呈均匀状态分布(见照片1,2,照相时加速电压为 25kV ,由北京铀矿地质研究所曲延玲测定),同时,在这些沥青铀矿的X射线粉晶分析的谱线中发现有近似白钨矿的杂线($I/I_0=5$, $d\alpha=4.75$,白钨矿的谱线为 $I/I_0=5$, $d\alpha=4.76$)。另外,在坑道中见到含铀钨的赤铁矿脉穿插于网脉状铀钨矿化地段之中(照片1,2,图5)。

III型矿石分布在 F_1 中心带上部,有灰色的和红褐色的两种,为热液与淋积叠加成因。这种矿石中的铀呈吸附形式存在,钨既有呈吸附形式的,也有呈不规则粒状的白钨矿;铀钨的吸附剂主要是蒙脱石等粘土矿物和赤铁矿^[7]。含矿构造泥岩的主要成分是水云母、高岭石、蒙脱石、白云石、石英,另有少量有机质、绿泥石和黄铁矿。 F_3 中矿石与 F_1 的I、II型矿石相似,但矿化较贫,沥青铀矿脉及白钨矿脉较少见,吸附铀相对较多。

综上所述,本矿床中的铀和钨都有单矿物(沥青铀矿、白钨矿)及吸附两种存在形式。钨可能还有另一种存在形式——类质同象^[5],沥青铀矿中含有百分之几的均匀分布的钨,是这种形式的证据之一。另外,沥青铀矿谱线的杂线可能反映在沥青铀矿中还存在白钨矿的微粒包体。

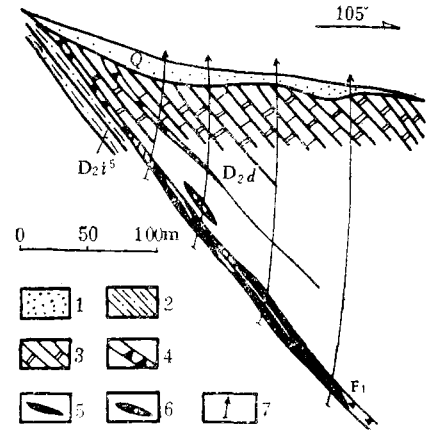
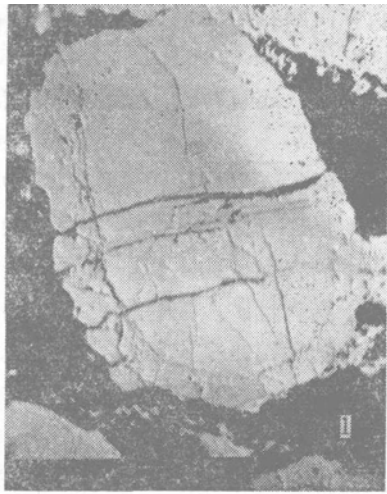


图4. 矿床地质勘探剖面示意图
(据310队资料简化)

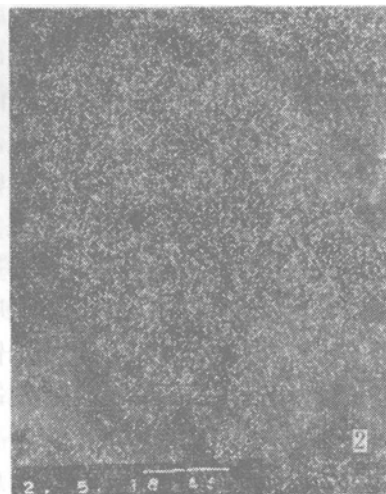
1—第四系坡积物(Q); 2—应堂组第五层(D_2i^5); 3—东岗岭组(D_2d); 4—构造破碎带; 5—铀矿体; 6—钨矿体; 7—钻孔

Fig. 4. Diagrammatic geologic line along an exploration line of the ore deposit.

1—Quaternary slopewash(Q); 2—5th bed of Yitang Formation (D_2i^5); 3—Donggangling Formation (D_2d); 4—Structural shatter zone; 5—Uranium orebody; 6—Tungsten orebody; 7—Drill hole.



照片 1 沥青铀矿的背散射电子图象 ×180



照片 2 钨的特征X射线图象 ×180

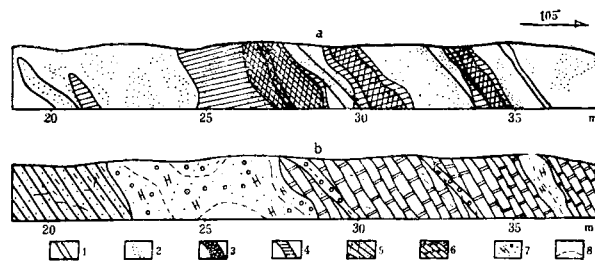


图 5 44-5坑道(一壁)地质矿化素描图

a—矿化素描; b—岩性构造素描; 1—赤铁矿脉分布范围; 2—白钨矿分布范围; 3—工业铀矿化; 4—表外铀矿化; 5—破碎泥质粉砂岩; 6—破碎白云岩; 7—构造破碎带; 8—裂隙构造

Fig. 5. Geological sketch of a wall in No. 44-5 gallery, showing mineralization.

a—Mineralization; b—Lithology and structure; 1—Area of hematite veins; 2—Area of scheelite; 3—Economic uranium mineralization; 4—Uranium of substandard grade; 5—Broken argillaceous siltstone; 6—Broken dolomite; 7—Structural shatter zone; 8—Fissure structure.

6 成矿时代、成矿阶段及铀钨矿化的关系

整个华南地区的铀成矿时代, 主要是晚白垩世, 其次是早第三纪, 有少量属于晚第三纪, 本矿床也在这个范围之内。根据沥青铀矿的同位素年龄数据及产出位置, 本矿床可划分如下铀成矿阶段^①: 第一阶段, $72 \times 10^6 \sim 96 \times 10^6$ a 为热水成矿阶段, 主要矿物有沥青铀矿、赤铁矿、碳酸盐类等; 第二阶段, $33 \times 10^6 \sim 64 \times 10^6$ a, 以热水作用为主, 除沥青铀矿、赤铁矿外, 尚有少量铅、锌、铜的硫化物和萤石。伴随有淋积成矿作用; 第三阶段, $1.5 \times 10^6 \sim 21 \times 10^6$ a 为淋积成矿阶段, 铀主要以吸附形式存在, 有少量沥青铀矿和铀黑。

关于钨矿的形成, 根据钨矿化的产状及钨的存在形式, 大致可分如下阶段:

第一阶段——脉状白钨矿阶段;

第二阶段——含铀钨赤铁矿阶段;

① 据王继周, 1982, 会议资料

第三阶段——淋积次生矿化阶段，钨矿化以粉末状、薄膜状产于坑道壁或裂隙中，或以离子吸附状产于构造泥的粘土矿物中。

关于铀钨矿化之间的关系和整个矿床的详细的成矿过程，还有待进一步深入研究。本文在此仅提出一个初步看法，以便抛砖引玉。

铀钨矿体受同一构造控制，空间上紧密共存，矿脉之间虽未见穿插关系，但两种矿脉独立存在，铀钨矿体明显分离，表明它们是多阶段迭现的，但二者之间又无明显的构造变动隔开，因而二者生成时间是很接近的；而构造泥岩型矿石中的白钨矿为不规则颗粒，表明其经受了构造作用，构造泥中无沥青铀矿，说明白钨矿略早于沥青铀矿；沥青铀矿中有钨的类质同象，甚至有白钨矿的显微包体，以及赤铁矿中同时含有铀和钨，又说明在一定阶段上，铀钨在成矿溶液中曾经共同迁移和共同沉淀；含铀钨的赤铁矿脉穿过白钨矿和沥青铀矿的矿化地段，表明前者晚于后二者；最后矿床中叠加了淋积成矿作用。

由上所述，本矿床的铀钨矿化的整个形成过程，大致可分出下面几个成矿阶段：第一阶段：脉状白钨矿阶段，时代可能在距今 $100 \times 10^6 \sim 130 \times 10^6$ a 之间，因为钨矿生成时间一般比有关岩体晚十几至二十几百万年^[1]，而本区与成矿有关的 γ_2^2 岩体的年龄为 152×10^6 a；第二阶段（ $72 \times 10^6 \sim 96 \times 10^6$ a），即沥青铀矿-赤铁矿-碳酸盐阶段。此阶段的含矿溶液中仍含少量钨，并以类质同象形式进入沥青铀矿之中；第三阶段：含铀钨赤铁矿脉阶段，这些脉体穿插了前两阶段的矿化体；第四阶段（ $33 \times 10^6 \sim 64 \times 10^6$ a），即沥青铀矿-赤铁矿及少量多金属硫化物阶段；第五阶段（ $1.5 \times 10^6 \sim 21 \times 10^6$ a），即次生改造和淋积成矿阶段。

7 成矿物质来源和矿床成因类型

7.1 成矿物质来源

7.1.1 稀土元素来源 本矿床各种岩石、矿石的稀土元素标准化配分模式及其特征如图6所示。各种岩石矿石REE配分曲线对比说明了它们之间的来源关系。破碎白云岩型热液矿石

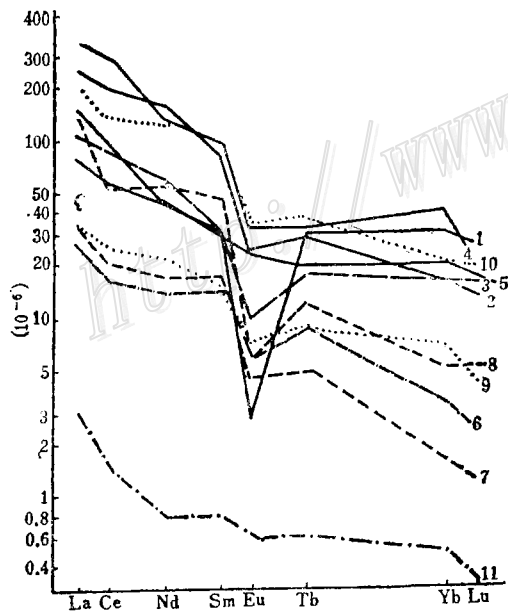


图6 矿床中岩石矿石稀土元素球粒陨石标准化模式图

1—加里东期花岗岩 (γ_3)；2—燕山期花岗岩 (γ_2^2)；3—F₁红色构造泥矿石 (C₁)；4—F₁灰色构造泥矿石 (C₂)；5—D₂²⁵泥质粉砂岩 (g)；6—F₁红化白云岩矿石 (d₁)；7—F₁热液矿石 (沥青铀矿+围岩) (d₂)；8—沥青铀矿 (d₃)；9—D₃¹³灰岩 (c₁)；10—F₃矿石 (c₂)；11—D₂^{d1}白云岩 (j)。

Fig. 6. Chondrite-normalized REE patterns of rocks and ores from the ore deposit.

1—Caledonian granite (γ_3)；2—Yanshanian granite (γ_2^2)；3—Red structural mud ore of F₁ (C₁)；4—Grey structural mud ore of F₁ (C₂)；5—Argillaceous siltstone of D₂²⁵ (g)；6—Hematitized dolomite ore of F₁ (d₁)；7—Hydrothermal ore of F₁ (pitchblende + wall rock) (d₂)；8—pitchblende (d₃)；9—Limestone of D₃¹³ (c₁)；10—Ore of F₃ (c₂)；11—Dolomite of D₂^{d1} (j)。

组 (d_1 、 d_2 、 d_3)，特别是 d_3 (沥青铀矿) 的曲线形态与 γ_2^* 的曲线形态极其相似，表明 γ_2^* 岩体是热液矿石REE的主要来源；而构造泥岩型矿石 (C_1 、 C_2) 的曲线形态兼有其原岩 (泥质粉砂岩) 和花岗岩 (负Eu异常) 的特点，表明这种矿石中的REE兼有这两种岩石的来源。总之，矿床中的REE具有多源性，但花岗岩是其主要来源。

7.1.2 水的来源 成矿热液中的水来自大气降水，因为矿物流体包裹体中的水质类型与矿区地下水的水质类型基本相同。

7.1.3 硫的来源 矿床中轻重硫同位素的分馏不明显 (F_1 ， $\delta^{34}\text{S}=0.8\% \sim -11.9\%$ ； F_3 ， $\delta^{34}\text{S}=2.08\% \sim -11.9\%$ 。姜佛果，1982)， ^{32}S 稍有富集，但 $\delta^{34}\text{S}$ 较接近0，因而它兼有岩浆和地层二个来源。

7.1.4 铀钨来源 从与矿床时空相近的花岗岩和含矿地层的铀钨丰度值表1来看，这些岩石均可成为成矿提供铀钨来源，但从成矿特征，特别是与铀关系密切的稀土元素来源方面看，铀钨主要来源于花岗岩。

7.2 矿床成因类型

综上所述，本矿床在矿石建造及有用元素组合上是国内外罕见的新类型，其成矿地质条件、矿化特征和成矿过程也有自己的特色，特别是在成矿时间、空间和成因上与本区花岗岩成矿系列有着极其密切的关系。但它又具有层控矿床的明显特点，如成矿物质有多源性，成矿过程有多种成矿作用参与，受一定地层岩相控制等，因而，在成因上，它是花岗岩型热液矿床与层控矿床之间的过渡类型。

本文是作者在多次野外教学，边教学边研究的基础上完成的，在野外工作中得到310队许多同志的热情支持和帮助，文中引用了姜佛果等同志的一些资料，在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 胡绍康. 华南花岗岩型铀矿化与钨 (锡)、铋、钼、稀土矿化的关系. 北京: 原子能出版社, 1982, 346~353
- 2 黄广荣, 庞玉蕙. 华南地区碳酸盐岩型层控铀矿床中岩相的控制作用. 南岭地质矿产文集, 北京: 地质出版社, 1985, 103~113
- 3 廖庆康. 广西花岗岩类钨锡地球化学及成矿特征. 广西地质, 1989 (1), 33~42
- 4 刘英俊. 钨的地球化学. 北京: 科学出版社, 1987, 122
- 5 刘英俊等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984, 242~252
- 6 黄广荣, 庞玉蕙. 碳硅泥岩型铀矿床 (广子田) 地下水中铀的存在形式及其沉淀的物理化学条件. 矿床地质, 1992, 11(1): 76~84
- 7 徐伟昌等. 某矿床中钨的分布及存在形式研究. 地质与勘探, 1986, (11): 38~41

GEOLOGICAL CONDITIONS AND GENETIC CHARACTERISTICS OF A URANIUM-TUNGSTEN DEPOSIT

Huang Guangrong and Pang Yuhui

(Chengdu College of Geology, Chengdu, Sichuan Province)

Abstract

Up till now, lots of single uranium or single tungsten veinlike or stratabound deposits have been found; nevertheless, ore deposits with both economic uranium and tungsten (pitchblende-scheelite assemblage) are very rarely seen. In this paper, a deposit of such a type is described with special reference to its geological conditions and genetic characteristics. In the light of ore formation and association of useful elements, this ore deposit belongs to a new type; genetically, it is a transitional type between the granite type hydrothermal deposit and the stratabound deposit.

The ore deposit is located in the exocontact zone of a complex granite mass, with its orebodies confined to the interstratified structural zone in Middle-Upper Devonian lagoonal facies strata. Assuming stratoid and lenticular forms, orebodies are parallel to the structural zone in attitude. Although formed in several stages, these orebodies have simple mineral assemblages. In addition, wall rock alteration is characterized by fewer types, low intensity and narrow range. Lying within the tungsten-tin mineralization belt, the ore deposit is genetically closely related to the metallogenic series of granitic type tungsten (tin), niobium, tantalum, uranium, fluorite and barite deposits.

Metallogenic elements were derived from granite and strata, and the ore deposit owes its formation mainly to the hydrothermal process of groundwater with the superimposition of eluviation. Groundwater served not only as media for transporting ore-forming materials but also as the activating agent of these materials.

The formation of this deposit was on the whole controlled by such factors as granite, lithofacies of strata, structure, groundwater and regional geological environment of uranium and tungsten. It is thus concluded that in future we ought to search for this type of ore deposits in similar geological environments.