

CN 8900835

CNIC-00192

XYRIUG-0001

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

中国西北大、中型内陆盆地中的生轴层
双层结构及其在盆地找矿中的意义



中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00192

XYRIUG-0001

中国西北大、中型内陆盆地中的生铀层 双层结构及其在盆地找矿中的意义

王志龙

(西北地勘局二〇三研究所, 咸阳)

中国核情报中心

北京·1988.4

摘 要

本文提出了西北大、中型内陆盆地的生铀层双层结构,即生铀层=铀源层(长石砂岩红层)+积铀层(能使铀沉淀的灰色层)。

其形成机理是:在形成长石砂岩红层的成岩后生作用中,长石被水云母化,长石、石英被自生的赤铁砂、针铁矿及水针铁矿所交代而变红。在这种氧化作用中,长石、石英等硅酸盐类矿物碎屑中的微量铀部分被活化释放出来。由于该层为氧化环境,释放出来的铀不能沉淀,只能和原来储存在孔隙间的含铀“囚水”一起,在成岩脱水过程中扩散到与其相邻的 Eh 值低的灰色还原层中沉淀,形成铀的工业富集。

生铀层双层结构的意义有三点: 1. 扩大了砂岩找矿中的铀源范围; 2. 它可成为盆地找矿的重要判据,并可以定量地评价内陆盆地的成矿远景; 3. 生铀层的主要标志长石砂岩红层,有助于攻深找盲,预测深部的盲矿体。

关键词 生铀层双层结构 长石砂岩红层 灰色层

THE DOUBLELAYER STRUCTURE MODEL OF THE URANIUM GENERATING BED IN THE LAND BASINS OF THE NORTHWESTERN CHINA AND ITS SIGNIFICANCE

Wang Zhilong

(Xian Yang Research Institute of Uranium Geology)

ABSTRACT

The paper puts forward a double layer structure model of uranium generating bed in the land basins of Northwestern China, i.e. uranium generating bed=source layer of uranium+gathering uranium layer.

The mechanism of its formation,

Feldspar was hydromicratized, some feldspar, quartz detrital silicate minerals were replaced to reddens by the authigenesis of hematite and goethite. In the course of the oxidation, a little uranium is released from the detrital minerals. Because of the oxidation environment, the released uranium wasn't able to be precipitated, only to diffuse to the adjacent grey bed which has low Eh value with uranium-bearing "stagnant water" fixed in pores during the dewatering process of the diagenesis and form minable uranium deposit.

The significance of the model for uranium prospecting are as follows: (1) Uranium source range is much expanded concerning uranium prospecting in sandstone. (2) For the potential assessment of basin and the selection of potential area, the model is an important prospecting criterion. (3) If we apply the main criterion uranium-generating bed-arkosic red beds well, the buried ore bodies can be found provided that arkosic red beds were regarded as a significant criterion of uranium-generating bed.

前 言

在天山-内蒙褶皱带和鄂尔多斯盆地以及塔里木地台边缘拗陷内, 存在许多三叠纪到全新世的砂岩型(包括含铀煤型)铀矿床, 它们全都和长石砂岩红层伴生在一起。作者近几年对这些铀矿床中的长石砂岩红层进行了调查和研究, 证明了它是那些工业铀矿床的最主要的铀源。按照其与灰色层(含有机质砂岩或煤层)伴生在一起形成许多铀矿床的实例, 提出了中国西北内陆盆地中的生铀层双层结构模式。这个模式, 假若在实践中和理论上能够成立, 则应把它做为内陆盆地成矿远景评价的一个重要条件。本文拟就长石砂岩红层是铀矿床的主要铀源、内陆盆地生铀层双层结构模式及其在大、中型内陆盆地成矿远景评价中的意义等三个问题提出如下看法。

一、大、中型内陆盆地中的长石砂岩红层^[1] 是砂岩型铀矿床的主要铀源

从当前国内外的大多数砂岩型铀矿床产出部位来看, 矿层的上、下、或侧向部位均有红层存在。我国西北地区中、新生代大、中型盆地内的砂岩型(包括含铀煤)铀矿床更是如此。例如509矿床、510矿床是大型含铀煤砂岩型铀矿床, 矿层由煤及灰色砂岩组成, 其底板为灰色砂质粘土, 顶板为长石砂岩红层。红层与铀矿体紧靠在一起(见图1), 上红下黑, 有红就有矿, 红层消失, 矿也就消失。该矿床有12层煤, 凡是顶板无红色层的煤层, 不但没有矿体, 甚至连矿化也没有。又如804矿床, 其矿体均产在红层底界以下0~20m 范围内的灰色砂岩内。

厚度M	柱状图	岩 性	备注
>30M		红色粗粒长石英砂岩	
1M		褐煤(富铀矿体)	富铀
0.8M		褐煤, 铀矿化向下逐渐黄化	铀黄化
0.35M		灰色泥岩	无矿
0.2M		暗色褐煤	无矿
>1M		灰色泥岩	无矿

图1 510矿床柱状图

与矿体形影相随的这些红层, 在西北地区的砂岩型铀矿床中, 不是一般的红色粉砂岩、砂质泥岩, 而是中粗粒以上的长石石英砂岩类的红色岩石。依据这类岩石的成分、成因及其在矿床中的放射性地球化学特征值, 可认为盆内砂岩型铀矿床的主要铀源是由它来提供的。

(一) 长石砂岩红层的成分和成因决定了其能为砂岩型铀矿床提供足够的铀源

1. 成分：在矿层上的长石砂岩红层，一般是一些红色粗粒的石英长石砂岩、长石石英砂岩及长石砂岩构成的红色地层。这些岩石的物源主要来自接近花岗岩成分的基底岩石。由于长石易于水解，所以，它是在高度崩解，快速剥蚀，快速搬运的条件下，在低地的泥砂沉积物中发生分解之前就被埋藏。因此，这种岩石中的铀含量，基本上保持了接近基底中花岗岩成分的原始铀含量。关于其中的主要碎屑成分石英和长石的铀含量，叶连俊先生在“外生矿床陆源吸取”^[2]一文中做了统计，在他统计的两个表中（见表1、2），长石的平均铀含量为23.7ppm；石英的平均铀含量为4.7ppm。从这个仅供参考的数字说明，红层中的主要成分长石和石英含有可以被汲取的铀含量。

表1 美国新罕普什尔川康魏花岗岩中长石、石英矿物内的铀含量

矿物	黑云母花岗岩中铀含量 (%)	平均值 (%)	角闪石花岗岩中铀含量 (%)	平均值 (%)
长石	$2.0 \times 10^{-4} - 5.3 \times 10^{-4}$	3.1×10^{-4}	$1.3 \times 10^{-4} - 2.2 \times 10^{-4}$	1.8×10^{-4}
石英		2.3×10^{-4}		5.0×10^{-4}

表2 阿尔卑斯语文书克黑云母花岗岩中铀的分布情况（长石、石英）^[2]

矿物名称	矿物在岩石中的含量 (%)	铀在矿物中的含量 (%)	该矿物中铀的含量占岩石中铀总量的百分数
石英	34	7×10^{-4}	11
斜长石	43	1×10^{-3}	19.5
微斜长石	20	8×10^{-3}	7.3

2. 长石砂岩红层的成因，有两点与铀源密切相关：其一，它是在干热气候条件下堆积的沉积物，当这类沉积物被覆盖时，其颗粒孔隙间就储存了由于气候干旱而产生的有较高铀含量的“囚水”，其含量可达 $n \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-4} \text{g/L}$ ；其二，当它被埋藏以后，在成岩后生作用过程中，由于 $f\text{H}_2\text{S}$ 、 $f\text{CH}_4$ 弱， $f\text{CO}_2$ 、 $f\text{O}_2$ 强，以致岩石逐渐被氧化染色（见刘宝珺编《沉积岩石学》^[2]），长石被水云母化，长石、石英被自生的赤铁矿、针铁矿及水针铁矿所交代而变红（见图2）。在这种氧化作用中，硅酸盐矿物碎屑（主为长石、石英）中的微量铀被活化而释放出

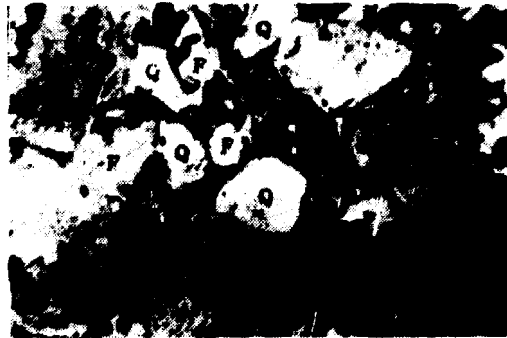


图2 红色长石石英砂岩（510矿床）

Q, 石英 F, 长石

黑色者为赤铁矿等。长石除水云母化外，并和石英一起为赤铁矿等交代及浸染，颗粒边缘港湾交代现象明显。

来，随着原来储存在岩石中的含铀“囚水”一起扩散到与其紧相邻的灰色岩石中沉淀。

上述该岩石的成分、成因特征、明显地表明了它具有丰富的铀源。为了具有量的概念，经我们粗略的估算：假定有一层厚约50m的红层，其释放出的微量铀为2.5ppm，则它在长4000m，宽2000m的范围内，可向其紧相邻的还原层提供2500t金属铀。当然，实际情况比这复杂得多，但我们通过这种估算，至少可以说明，在漫长的地质过程中，红层能够提供足以形成砂岩型铀矿床的铀源。现有的一些研究工作，特别是放射性地球化学方面的工作证明了铀源是由近似花岗质的碎屑红层提供的。

(二) 长石砂岩红层放射性地球化学特征值的变化情况，证明了砂岩型铀矿床的主要铀源是由它来提供的

为了揭示成矿物质的迁移、富集规律、地质、物探人员一直在有效地运用放射性地球化学方法的铀钍平衡系数及Th/U比的方法来判断铀的淋失和富集规律。如804矿床的近地表层位、红色层及杂色层均偏钍，而矿层特别是富矿层位严重偏铀，这是红层给灰色层提供铀源的直接证明。另外达维多夫还运用Th/U比的方法^[4]。对某矿区含花岗质碎屑的红层及含矿的灰色层采集了大量的样品，分别测定了每个样品的碎屑及胶结物的U、Th含量，并计算了Th/U比（见表3、4）。从表中可明显地看出，岩石中碎屑及胶结物的铀含量从红层到灰色层依次增高，而Th/U比却依次减少，呈规律性的增减。据此，他得出了两条结论：(1) 铀是从红层和过渡层岩石的碎屑物及胶结物中带出来的。(2) 在还原层的岩石中未发现铀被带出的迹象。

表3 红色层到浅色层中花岗质碎屑的放射性地球化学特征值

特 征	地 球 化 学 综 合 地 质 体		
	红色层 (氧化层)	过 渡 带	灰色层 (还原带)
U, 10 ⁻⁴ %	5.5	6.16	11.8
Th, 10 ⁻⁴ %	33.5	36.34	32.5
Th/U	6.83	7.32	3.93

表4 红色层到浅色层岩石胶结物的放射性地球化学特征值

特 征	地 球 化 学 综 合 地 质 体			
	红层 (氧化层)	过渡带II	过渡带I	灰色层还原带
U, 10 ⁻⁴ %	4.42	7.85	13.0	41.0
Th, 10 ⁻⁴ %	23.3	25.3	23.0	37.1
Th/U	5.92	5.15	3.9	1.32

И. М. А. Давыдов

我国510、509矿床从矿层顶板的红层到底板的炭质泥岩。其钍铀比同样呈有规律的增减（见表5）。从表内红层中Th/U比值的增加说明铀被迁出。而过渡带及还原层中的铀高钍低。说明铀是在晚期从红层中迁移来的，特别是煤层中的铀矿体，当其铀含量大于0.25%时，严重偏铀（平衡系数为70%），沥青铀矿的年龄最大只有7百万年，这些均充分说明该矿床与红

层有着密切的成因关系。

表5 509矿床煤层及其顶底板岩石Th/U比

岩 性	U%	Th%	Th/U
红色长石石英砂岩	0.0008	0.0010	1.25
灰色砂砾岩	0.0069	0.0005	0.07
亮 煤	0.0316	0.0002	0.007
褐 煤	0.0018	0.0001	0.6
泥 岩	0.0005	0.0000	
	0.0004	0.0009	

测203所新疆组样品

二、内陆盆地生铀层双层结构模式*

依据西北几个砂岩型铀矿床（包括含铀煤）的实例，结合前面的论述，中、新生代大、中型内陆盆地中生铀层的双层结构模式为：它不是一个单一层位，而是一个有机搭配的双层结构，它由铀源层（能释放出铀源的长石砂岩红层）和积铀层（能使铀沉淀的灰色层）构成，二者密不可分，缺一不可。即生铀层=铀源层+积铀层。

积铀层一般指富含有机质的灰色砂岩（包括含砾砂岩）或为煤层，其底板均必须有不透水的灰色砂质泥岩或粘土层。

这种双层结构模式在804、509、510及505等矿床中均可见到。现以804矿床为例（见图3）：其铀源层为上部的紫红色砂岩层，它主要由粗粒长石石英砂岩及石英长石砂岩组成，部

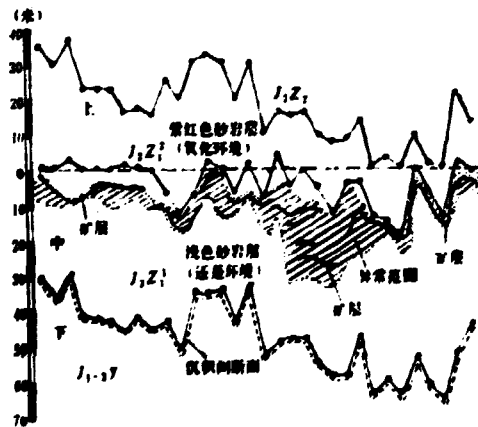


图3 矿层与红层、浅色层关系综合示意图（804地区）
（208队依据全区94%的见矿孔编制）

* 限于砂岩型铀矿床，且无古代的内陆盆地及微富铀基底上的封闭小山阿盆地除外。

分长石水云母化、赤铁矿化（见图4），胶结物主要为铁的氢氧化物（赤铁矿、水针铁矿等），另外还有极少量的硅质成分；其积铀层为中部浅色砂岩层，一般厚约40m左右，它由一套富含有机质的粗粒长石石英砂岩及含砾砂岩组成，胶结物为泥质，铁质及钙质等，铀在积铀层中，主要被有机质吸附，或在有机质中呈沥青铀矿微脉产出，与其伴生的金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿及闪锌矿等。该层底部由一较大的沉积间断面与灰色泥质粉砂岩相接触。



图4 红色长石石英砂岩

(804矿床)

Q: 石英

F: 长石

黑色者为赤铁矿、针铁矿及水针铁矿，长石除水云母化外，片和石英一起为赤铁矿等所交代及浸染，边缘有港湾交代现象。

单偏光×30

上例中有两个特点值得注意：1、整个双层结构多为粗砂级以上的砂岩，部分为中细粒及巨粒砂岩，都有一定的孔隙度，这为溶液的渗透提供了通道，底部的隔水层起了阻挡作用。2、铀源层为氧化环境，积铀层均为还原环境，铀矿体不是产在沉积间断冲刷面之上的富含有机质的砂岩层（积铀层）的下部，而是产在紧靠红层一侧的富含有机质砂岩层——积铀层的上部。这说明矿体的铀源是来自红层，即双层结构中的含铀溶液，由氧化电位高的部分向低的部分扩散，扩散到富含有机质还原剂的砂岩中生成沉淀。若积铀层为煤层时，同样红层中的铀源运移到煤层中便可还原沉淀而形成铀矿床，例如509、510的采矿场内，都可见到富矿体紧紧靠在红层一侧，而到底板泥岩层附近时矿体就消失了。

上述生铀层双层结构模式，不是一种局部现象，而是带有一定的普遍性。讨论这个问题的关键是长石砂岩红层铀源层可以提供铀源，但形成大型砂岩型铀矿床的主要铀源是否必须来自其中呢？为此，我们需要简单讨论一下它与后生叠加成矿的关系及铀源不能直接从铀源区以溶液的形式迁移到大、中型盆地内成矿等两个问题。

1. 生铀层双层结构成矿与后生叠加成矿的关系

生铀层双层结构成矿的主要内容是富含游离氧的长石、石英砂体在成岩进后生作用中，长石被水云母化，长石、石英被铁的氧化物及OH化物交代及染色时，铀从这类岩石中被活化释放出来，再加上由于气候干旱，增浓的含铀“囚水”共同形成了有较高浓度的含铀溶液，它们在氧层的孔隙水及裂隙水中都不能沉淀，而是以碳酸铀酰的形式，从氧化电位高的岩石扩散到氧化电位低的岩石中还原沉淀形成矿体。从现有的一些砂岩型铀矿床的成矿年龄来看，一般多与含矿主岩相差50my年以上，其大致与上覆的红层形成期的时间相当（见表6）。

表6 含矿地层和铀成矿年龄

矿床(点)	含矿地层	铀成矿年龄及相当的地层时代	
861矿点	J ₁ -2y	109my	K ₂
509矿床	J ₁ +2	7my	N ₂
BA-1矿床	K ₂	76my	K ₂
		17my	N ₁

注：除861矿点为208队资料外，其余均为三所王木谱、吴和泽的资料。

这说明铀成矿期确实与红层形成期有关，但我们也要看到一些富含钾长石的石英长石砂岩，它们在成矿之前的铀含量就比一般岩石高，另外，还有一些矿床的成矿年龄也不止一期，如表6内的BA-1矿床。这些情况均说明成矿与叠加再造成矿有一定的关系，但红层形成时期的铀矿化对工业铀矿体的形成具有决定性的意义。

2. 形成砂岩型铀矿的铀源，究竟能不能直接从蚀源区以溶液形式迁移到内陆大、中型盆地内形成矿床？本文认为至少在西北地区的大、中型盆地内是不可能的，进一步讨论这个问题，有助于证明长石砂岩红层生铀层存在的意义。

叶连俊先生在“外生矿床陆源汲取成矿论”一文中，他根据B·И·Кочетков的研究资料得出了铀不能从蚀源区以溶液形式搬运到盆地内成矿的结论（见表7）。该表是在系统地测定了

表7 离矿化带不同距离的水中铀含量

取样地点	水的化学成分	距矿化带的距离 (m)	铀的含量 (g/L)	水化学底数 (g/L)
矿化带1号的分散量	$M_{0.53} \frac{SO_{47}^4, HCO_{41}^3}{Ca_{59}Mg_{17}}$ <p>pH=6.7</p>	~50	4×10^{-4}	1×10^{-6}
		200	2×10^{-4}	
		300	1.4×10^{-4}	
		450	4×10^{-6}	
		750	1.8×10^{-6}	
矿化带4号的分散量	$M_{0.18} \frac{HCO_{54}SO_{27}^4}{Ca_{92}(Na+K)_{21}}$ <p>pH=7.3</p>	~50	1.4×10^{-3}	5×10^{-7}
		200	4.5×10^{-4}	
		250	1.4×10^{-4}	
		450	1.8×10^{-5}	
		750	4.5×10^{-6}	
		950	4.5×10^{-6}	
		1100	1.8×10^{-6}	
1200	2×10^{-6}			

离矿化带不同距离的水中铀含量后编制的，表内的数字清楚地表明水中铀含量随着离矿化带的距离加大而明显地降低；例如一号带的硫酸重碳酸钙镁型水，距矿带300m范围内的铀含量比水化学底数高140~400倍，在距450m的地方高40倍，到距750m的地方时，铀含量接

近水化学底数；表内4号带的重碳酸硫酸钙型水介质中，在距矿带200m范围内，铀比水化学底数高1000~2000倍，在距矿带250m时，比水化学底数高280倍，到距750m则只高10倍，当距离达到1100m时，则和水化学底数相当。在601地区，流经矿堆的地表水在1000m后，同样也和水化学底数一样。由此可见，铀以能超过正常底数的溶液形式的搬运距离不会超过1100m。从西北的一些大、中型中、新生代盆地的边缘洪积扇来看，其向盆内延伸范围均超过1000m以上，而矿体又常常分布在冲积扇前缘以下地段，因此，只是正常水化学底数的铀溶液要在盆内形成工业铀矿床是不可能的。从现代封闭盆地的盐湖及中、新生代盆地在萎缩阶段形成的一些岩层来看，其铀含量常常低于正常沉积岩中的含量，这也是很好的证明。

三、生铀层双层结构模式在大、中型内陆

盆地成矿远景评价中的意义

生铀层双层结构模式的概念若能运用到大、中型内陆盆地的砂岩型找矿中去，它将对现有盆地的成矿远景评价方法及选区方法起一定的促进作用；若能较好地运用生铀层的主要标志长石砂岩红层-铀源层，还有助于攻深找盲，预测深部的砂岩型铀矿床。

(一) 生铀层是评价大、中型内陆盆地成矿远景的一个重要条件，是寻找砂岩型铀矿床的区域判据之一

众所周知形成砂岩型铀矿床的重要区域地质因素有铀源、盆地的大地构造部位、盆地的构造活动史、古气候、沉积建造、岩相古地理、后生作用及保矿条件等诸多因素，而生铀层双层结构模式本身就是其中一些有利因素的产物，再加上它本身不但有铀源层，而且还有积铀层，因此，我们应运用它来评价盆地的成矿远景，并把它在盆内的存在状况、分布及发育程度做为评价砂岩型铀矿成矿远景的重要判据。这样做，容易突出重点，抓住评价中的主要因素。当然，这并不意味着在一个地区发现类似的双层结构层位之后，就一定能找到工业铀矿床，但至少可以肯定，该区具备了找寻砂岩型铀矿床的重要条件。

(二) 运用生铀层的主要标志-长石砂岩红层，有助于攻深找盲，预测深部的砂岩型铀矿床

红层的分布很广泛，其岩石种类也很多，如红色的泥岩、泥灰岩、钙质砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、砂岩及砂砾岩等。我们不可能把所有这些岩石都作为铀源层，也不可能把所有红层分布的广泛地区都当成远景区。本文所说的铀源层是指含长石的中粒以上的砂岩、含砾砂岩等，而且该层的红色成因与堤岸及浅湖相的红色粉砂质泥岩不同，它是在成岩后生作用过程中由自生的赤铁矿、针铁矿及水针铁矿等染色交代而成，只有这种红色地层才能成为生铀层中的铀源层。

铀源层和积铀层二者之间的主要差异是长石砂岩红层完全不含有有机质，而积铀层却含有大量的有机质或者为煤层。根据这种差异，我们完全可以判断，一个是在干热气候条件下的沉积物，而另一个是在半湿热或湿热的气候条件下的沉积物。在干旱条件下的沉积物被埋藏以后，其孔隙水必然是 fCO_2 和 fO_2 强，在成岩后生作用过程中，无疑是一个很好的氧化层；与其搭配在一起的还原层位可以在其上部，或者下部，也可在其侧向延伸部位（沉积相的变化引起）。有了这个基本认识以后，我们在实践中，就可依据长石砂岩红层的出现情况，结合该地区的整个碎裂岩建造的岩相古地理、古气候变化及后生作用等因素来判断该区是否可能出

现生铀层位，是否可能在长石英砂岩红层（铀源层）的下部或同一层位的侧向延伸部位存在砂岩型铀矿床。例如804地区，虽然现在只是一个小矿床，而且距蚀源区较远（按该地古流向计算距离在200km以上），但该区有广泛存在的长石砂岩红层，其下部有发育良好的富含有机质的长石英砂岩，这说明该区有生铀层存在。为此，该区仍然存在着找到砂岩型铀矿床的可能性。其找矿方向应是积铀层被红层铀源层所广泛覆盖的西部地区。

小 结

依据西北大、中型内陆盆地中的几个铀矿床的地质特征，结合外生铀矿床已总结出的一些成矿理论，初步总结出这个生铀层双层结构地质模式，它在当前开展的盆地普查找矿及区域成矿远景的调研、对远景区段的选择，以及攻深找盲等方面均有一定的参考意义。在今后的地质找矿和科研活动中，这个结构模式还应进一步发展和研究的问题有：

1. 作为中、新生代内陆盆地中生铀层的主要标志—长石砂岩红层本身所涉及的内容很广泛，这包括它的成因分类、岩相古地理、成岩作用、后生作用、铀的活化及扩散到沉铀层中沉淀的物、化条件，以及矿物学的古气候研究等。只有详细研究这些内容，在野外才能有效地判断铀源层的存在，从而进一步找到生铀层。

2. 区域成矿远景评价应由定性的方法逐步向定量的方法过渡。研究生铀层结构模式，特别是研究长石砂岩红层的成因、成分、粒度、厚度及铀含量等因素，有助于区域成矿远景评价向定量化方向发展。

3. 生铀层产出的区域地质背景与古气候、大地构造部位、盆地的构造活动及蚀源区的物质成分等有密切关系。为此，必须在详细研究这些内容的基础上，才能弄清生铀层的分类、分级及其成矿远景。

参 考 文 献

- [1] P. Turner, Continental red Beds, Amsterdam-Oxford-New York, Elsevier Scientific Publishing Company, p51 (1980) .
- [2] 叶连俊, 矿床会议资料汇编, 第3册, 第5页 (1963) .
- [3] 刘宝楮, 沉积岩石学, 地质出版社, 第64页 (1980) .
- [4] 达维多夫, 放射性地质, 第3期, 第241页 (1982) .



P.O.Box 2103

Beijing, China

China Nuclear Information Centre