

西北及山西、内蒙红层期与铀成矿关系

周巧生 权志高

(西北地勘局203研究所)

内容提要: 文中将西北地史上所出现的红层划分成 6 个红层期, 并探讨和研究了红层在铀成矿过程中所起的作用及内在联系。明确指出铀矿床与红层(盆)在形成时间上同时, 在空间分布上相伴生; 铀矿化主要与干热气候条件下形成的陆相红层有关。在综合分析的基础上提出了红层期成矿的理论及与红层(期)有关的铀成矿模式。

主题词: 红层期 铀矿化 成矿模式

近十多年, 国内外许多铀矿工作者从不同角度发现铀矿与红层有一定的关系, 红层在铀成矿过程中起有重要的作用^{(1)①②③}。作者在广泛收集国内外有关红层及铀矿化资料的基础上, 对西北地区的红层与铀成矿的关系及内在联系作一些探讨。

一、西北地史上的红层期

西北及山西、内蒙(以下简称西北七省、区)地质发展演化, 以塔里木—华北地台的形成发展为主线, 大致经历了 3 个大阶段: 即塔里木—华北地台形成和发展阶段(太古代—元古代); 古中国地台解体、槽台并列发育阶段(古生代); 地台活化、改造阶段(中生代)^(2,3)。地史上对西北区影响较大的构造运动有中条运动、晋宁运动、兴凯运动、加里东运动、海西运动和燕山—喜马拉雅运动。根据红层与构造运动的关系, 结合区内红层的发育及分布情况, 西北地史上所出现的红层主要可划分为 6 个红层期(表 1)。

表 1 西北地史上的红层期划分简表

Table 1. Division of red bed periods in geological history of Northwest China

红层期	名称	时限 (Ma)	主要地层
I	中条红层期	1900—1700	Pt ₁ (上部)—Pt ₂ Ch
II	晋宁红层期	1400—900	Pt ₂ J—Pt ₃ Q(下)?
III	兴凯末—加里东初红层期	720—510	Pt ₃ Z—Є ₂
IV	加里东末—海西初红层期	410—320	S ₂ —D ₃
V	海西末—印支初红层期	270—200	P ₁ —T ₂
VI	燕山—喜马拉雅红层期	150—2	J ₃ —N ₂

① 孟宪玉等, 1979, 有关红盆找矿的几个问题, 科学通讯

② 胥德恩, 1983, 浅论铀矿与红盆的时空关系, 科技交流

③ 王志龙, 1987, 中国西北内陆盆地的红层类型与砂岩型铀矿 (内刊)

(一) **中条红层期 (I)** 产生于20亿年左右发生的中条(或吕梁)运动主幕之后,分布较局限。主要发育在山西五台山、中条山、吕梁山及太行山等地,在甘肃华亭及北祁连朱龙关河两侧也有零星出露,由下元古界上部到中元古界长城系组成。下部以担山石群为代表,为一套陆相环境下堆积的红色磨拉石建造;上部以太行山地区的长城系红层为例,为红色、杂色滨海—浅海相碎屑岩建造及碳酸盐建造。中元古下部的大古石组、西洋河群及朱龙关群均为巨厚的海相火山岩系夹红色碎屑岩沉积。当时的古气候以干热为主,形成西北地史上最早的红层。

(二) **晋宁红层期 (II)** 形成于晋宁旋回的中期,分布较零散,主要集中在华北地台东部及南部,西部很少。东部以中条山的蓟县系为代表,属滨海(泻湖)—浅海相红色碎屑岩建造;西部地区的托来南山群由滨海相红色碎屑岩建造及浅海相碳酸盐建造组成。古气候以温暖为特征。

(三) **兴凯末—加里东初红层期 (III)** 由震旦纪及早中寒武世地层组成。主要分布于山西、豫西和陕甘宁盆地边缘。震旦纪红层主要发育在古地台的边缘,为寒冷气候条件下形成的冰碛红层;中下寒武统为稳定陆缘及陆棚海沉积,以紫红色页岩为代表,有时见食盐假晶,属于热气候条件下的产物。

(四) **加里东末—海西初红层期 (IV)** 是区内一次重要的红层期,由中上志留统及泥盆系组成,主要分布于祁连,昆仑和塔里木三个地区内。

该期红层以北祁连地区发育最全。中志留统泉脑沟山群为浅海相陆源碎屑岩和碳酸盐建造,局部见火山岩;上志留统早峡群为海陆交互相红色碎屑岩沉积;中下泥盆统雪山群属山麓相红色磨拉石建造;上泥盆统沙流水群为典型的红色、杂色河湖相碎屑岩沉积。古气候为全球性典型的干旱气候。

(五) **海西末—印支初红层期 (V)** 在整个西北地区均有不同程度的分布,主要由二叠纪及早中三叠世地层组成。东部地区以陕甘宁盆地和山西为代表,属内陆河湖相红色碎屑岩建造;中部走廊—北祁连地区全为山麓—河湖相红色碎屑岩建造;西部天山—准噶尔一带,为海陆交互相—陆相红色火山岩、火山碎屑岩及碎屑岩建造,厚度及岩相变化较显著;昆仑—秦岭一线以南,主要以浅海相或海陆交互相红色碳酸盐及泥页岩建造为主夹火山碎屑岩。古气候以典型的干热气候为主。

(六) **燕山—喜马拉雅红层期 (VI)** 是西北地区地史上最重要的一次红层期,主要由上侏罗统、白垩系及第三系组成。这期红层遍布整个西北地区,呈面状分布,几乎全部是陆相红层,以山麓—河湖相红色、杂色碎屑岩建造为主,局部为膏泥岩建造。在兴安岭、内蒙古草原阴山分区及山西北部为内陆火山喷发岩相夹红色河湖相碎屑岩建造。浅海—泻湖相红色、杂色细碎屑岩、碳酸盐夹膏泥岩建造仅出现在南天山、塔里木盆地西南缘及昆仑山的公格尔山等局部地段。属干燥—半干燥气候条件下的产物。

二、红层与铀成矿关系

(一) **红层与铀矿化的时空分布关系** 所谓红层与铀矿化的时空关系,指的是铀矿床在形成时间上与附近红层形成时间相当,在空间上常在红层(盆)附近相伴分布。

西北七省(区)到目前为止提交的数十个铀矿床及一批主要铀矿点、矿化点,其类型有砂岩型(包括含铀煤型)、碳硅泥岩型、花岗岩型、火山岩型及碱交代型等五种;空间分布上主要集中在塔里木—华北地台的南北两侧,沿古陆边缘及槽台过渡带分布。成矿时间上虽从早古生代至第四纪均有,但比较集中出现在古生代的志留—泥盆纪、二叠纪及中新生代的晚侏罗世—第三纪,且以中生代为主,绝大多数铀矿床具多期成矿的特点。各类铀矿化不论是空间分布还是成矿时代均与西北地史上不同时期发育的陆相红层有着十分密切的对应关系,几乎所有铀矿床的主成矿期都毫无例外地发生在不同红层期内(表2),主要与I、IV、V、VI

表2 西北及山西、内蒙地区构造运动、红层与铀矿化关系表

Table 2. Relations of tectonic movement and red beds to uranium mineralization in Northwest China as well as Shanxi and Inner Mongolian regions

地质时代 Ma	构造强度 构造旋回	造山作用 构造旋回	造山强度 构造旋回	红层 沉积相 海相陆相	铀成矿 期	铀矿化 类型	代表性 地区	代表性矿床及其主 成矿年龄(Ma)
Q	2	喜	2				天山(伊犁)	500 (7~5.7)
N ₂	10	玛				砂岩型	北祁连山	511 (7~5.7)
N ₁	25	拉					白水	510 (7~5.7)
E ₃	30	雅					南天山	512 (7~5.7)
E ₂	58					花岗岩型	北秦岭	7916(25)
E ₁	67							508 (76)
K ₂	90	燕				硅灰泥岩型	南秦岭	7614(28~27)
K ₁	137						华阴川(60°730'135'112)	7902(28~27)
J ₃	162	山	160			泥岩型	潮水盆地	401矿田(96)904(9895)
J ₂	172					花岗岩型	龙首山	201(135~130)
T ₃	195	印	200				潮水盆地	510(130~60)
T ₂		支				碱交代型	北祁连山(冷龙岭)	511(130~60)
T ₁	225							512(130~60)
P ₂		华	270			火山岩型	西准噶尔	7701(134)大红山(137)
P ₁	270						北天山	7201(147)
C ₃		力	320					621(252~256)
C ₂								622(252~256)
C ₁	320	西	320			花岗岩型	龙首山	520(238)
D ₃						碱交代型	冷龙岭	510(278)
D ₂	400	加	410					207(314~410)
S ₂								701(365~400)
S ₁	420	里						706(366~400)
O ₃								621(350~400)
O ₂		东	510					622(350~400)
O ₁	480							
C ₃		兴凯	720					
E ₂	570							
E ₁	350	晋	900					
P ₃	1000							
P ₂	1400	宁	1400					
P ₁	1800	吕梁	1700			变质岩型	中条山、五台山	405(1828)
Ar ₂	2500		1900					201(1765)
Ar ₁	3000	阜平						

构造时代据黄汲清(1980) 马杏垣(1985) 等资料综合

四期陆相红层密切相关。而在以海相红层为主的II、III两红层期内,至今尚未发现铀矿床或较好的矿点。下面重点介绍I、IV、V、VI四期红层与铀矿化的关系。

1. 中条期红层 (I) 与铀矿化的关系: 与该期红层有关的铀矿化仅发育在山西中条山及五台山地区, 以产于老变质岩中的铀矿化为主, 如中条地区的405矿床、650矿点, 五台山地区的201矿化点及228矿化点等。

405矿床及650矿点产于下元古界中条群篦子沟组富铀沉积建造中, 含矿主岩时代为20亿年左右, 其上不整合覆盖于担山石群陆相红色磨拉石建造, 时代18.4—18亿年。铀矿化年龄: 10个晶质铀矿的一致线模式处理年龄为1834.4Ma (据陶铨); 5个铀矿物的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等时线年龄值为 $1824 \pm 3.4\text{Ma}$ (据田志永)。铀成矿年龄与担山石群红层形成时间正好吻合, 空间上相伴。201矿化点与中条地区有大致类似的特点, 铀矿化年龄17.4—18亿年, 与郭家寨亚群红层形成时间相当。

2. 加里东末—海西初红层期 (IV) 与铀矿化的关系: 与该期红层相关的铀矿化主要分布在河西走廊南北两侧的龙首山和北祁连地区, 矿化类型以碱交代热液型铀矿化为主, 其次是伟晶白岗岩型, 龙首山地区的706、701是具代表性的铀矿床。铀矿化直接产于前寒武纪古老变质岩系经局部重熔形成的原地一半原地重熔花岗岩体内的钠交代体中。据同位素年龄测定, 该类铀矿床有两次成矿期。早期成矿年龄400—366Ma, U—Pb等时线年龄366Ma; 晚期成矿年龄150—100Ma, 等时线年龄89Ma^①, 两次成矿期恰好与区域上陆相红层发育期完全吻合 (表3)。早期矿化与泥盆纪红层形成时间一致, 为主成矿期; 晚期成矿年龄与白垩纪红

表3 龙首山地区铀矿床与红层关系简表

Table 3. Relations of uranium deposits to red beds in Longshoushan area

矿床及类型	矿化围岩及时代 (Ma)	成矿年龄 (Ma)	附近红层及时代 (Ma)
碱交代热液型 铀矿床 (701, 706)	中粗粒斑状花岗岩 (γ_2) 450.9—430	①400—366, 等时 年龄366 ②150—100, 等时 年龄89	①泥盆系(D) (400—320) 为山麓—河流相紫红色砾岩、砂砾岩、砂岩 ②庙沟群 (K_1)、金刚泉群 (K_2) (70—140) 紫红色河湖相砂岩、砂砾岩、泥岩
伟晶白岗岩型 铀矿床 (207)	伟晶状白岗岩 (γ_2) $1830 \pm \begin{smallmatrix} 138 \\ 152 \end{smallmatrix}$ —1700	①1750—1887 ②410—314 ③150	①成岩期矿化 ②主成矿期: S_3 —D内陆山间盆地红层; C_{2j} (尖山组) 陆相红色碎屑岩 (290—325) ③再叠造时期, J_3sh (沙枣河群) 陆相红层 (140—160)

据胡俊祯、张聚杰、魏观辉、柴保民等资料 (1985) 综合

层发育期相当, 为叠加改造形成富矿体时期。空间上也与上述红层相伴。与该期红层有关的铀矿化在北祁连 (621矿床)、柴达木北缘 (184矿点) 及昆仑等地也有显示, 明显表现出区域性成矿的特征。

3. 海西末—印支初红层期 (V) 与铀矿化的关系: 与该红层期有关的铀矿化最典型的是准噶尔盆地周围的一系列晚古生代火山岩型铀矿床、矿点, 如520、540矿床及部分矿点; 其次是北祁连地区发育的碱交代型铀矿床 (621、622), 在该红层期内明显发生成矿作用的叠加。

520 铀矿床, 矿体直接产在下石炭统次火山岩体的内外接触带上, 铀成矿年龄 238Ma,

① 胡俊祯等, 1985, 龙首山成矿带成矿规律及远景评价 (内部资料)

正好与该区晚二叠世—早三叠世陆相红层发育时间吻合。以621矿床为代表的北祁连冷龙岭地区广泛发育的碱交代型铀矿化,虽成矿年龄有四组,但均与该区陆相红层发育期相对应(表4)。

表4 北祁连冷龙岭地区铀矿化与红层对应关系简表

Table 4. Relations of uranium mineralization to red beds in Lenglongling area, North Qilian

矿床或矿点	矿化围岩时代及岩性	成矿年龄(Ma)	附近红层及时代(Ma)
621矿床	S ₁ 灰绿色条带状砂岩	400—350	D (400—320) 山麓-河流相紫红色砂岩、砂砾岩
622矿点	D ₁₋₂ 紫红色块状砾岩	252—256	P _{2-yg} (窑沟群265—240) 河湖相紫红色碎屑岩
324矿点	D ₃ 紫红色细砂岩	170—177	J (140—185) 本区缺失, 遭受剥蚀时期
102矿点	O ₁ 灰绿色火山岩	90—91	K (70—140) 陆相红层

据652队资料综合

4. 燕山—喜马拉雅期红层(VI)与铀矿化的关系: 燕山—喜马拉雅期红层是区内发育最晚、分布最广、影响最大的一期红层,也是最重要的铀成矿期。据统计,几乎所有砂岩型(包括含铀煤型)、泥岩型、碳硅泥岩型及蒸发岩型铀矿床、矿点全发育在第VI红层期。西北地区的花岗岩型热液铀矿床的成矿年龄也与该红层期形成时间一致;此外主成矿期发生在其它红层期内的各类铀矿床,在此红层期内均有后期改造、叠加富集作用的发生(表3、4)。

(1) 产于中生代陆相盆地中的砂岩型铀矿床(包括含铀煤型),空间上均产于红色建造中;时间上都集中在5—30Ma间,个别矿床的成矿年龄为76Ma,相当于白垩纪—第三纪陆相红层发育期。如新疆伊宁盆地的几个大中型砂岩铀矿床(512、511)及含铀煤型铀矿床(509、510),含矿主岩为中下侏罗统,成矿年龄5.7—7Ma,与盆内上新世(N₂)红层形成时代一致。铀矿化的形成与煤层之上的长石砂岩在上新世发生“红色化”(即氧化—淋滤)直接相关。

(2) 碳硅泥岩型铀矿化以南秦岭西段的几个铀矿床(如510、512、7701等)为代表,它们的主成矿期都发生在130—45Ma间,恰好是区内白垩纪—第三纪陆相红层发育期。

(3) 花岗岩型热液铀矿床集中分布在北秦岭加里东褶皱带内,如401、2011、904、7614、7902、730等矿床。这些矿床的围岩虽有老有新,但成矿年龄都集中在白垩纪—第三纪这样一个较短暂的地质时期内(表5)●,成矿时间与本区出现明显扩张作用及干热气候条件下的陆相红层发育期相当。空间上多与红色断陷盆地共存。如401矿田就处于小秦岭—梓潼隆起带与西面第三纪红盆的过渡部位上,距红盆数百米;2011矿床距红盆也仅2km;7614及7902矿床附近也均发育有第三纪红层。

(4) 其它类型铀矿化,1206矿床代表的泥岩型(成矿年龄137Ma)、110矿床代表的蒸发岩型及小秦岭地区的磷铀型(邻区781矿床成矿年龄130Ma左右)、内蒙东南部及冀北地区的火山岩型(邻区460矿床主成矿年龄56Ma及23.7Ma)等,尽管它们各自所产围岩的时代不

● 彭永石、胡俊涛等,1982,陕西北秦岭地区区域地质条件及铀成矿远景分析研究(研究报告)

表 5 北秦岭花岗岩型铀矿床围岩、成矿年龄及附近红层对比表
Table 5. Comparison of wall rocks, metallogenic ages and neighboring red beds
between various granite type uranium deposits in North Qinling

矿床名称和代号	矿化围岩及年龄 (Ma)	成矿年龄 (Ma)	附近红层
401矿田	$\gamma_5^{2-2}(147)$	98—96、12、7	K ₁ N
2011矿床	$\gamma_5^3(428)①$	105—135等时年龄 129 ± 7	K ₁ E—N
904矿床	$\gamma_5^1(203)①$	98—85	K ₁
7614矿床	$\gamma_5^1(195)$	28—27	E—N
7902矿床	$\gamma_5^1(174-227)$		E—N
730矿床	$\gamma_3(539)①An\epsilon$	153—112	K ₁

①等时线处理年龄；资料来源：据彭永石、胡俊祯、张聚杰、柴宝民等（1982）资料综合

同，但主成矿期都与附近燕山—喜马拉雅期陆相红层发育时间一致。

（二）红层在铀成矿过程中的作用

1. 铀矿化与红层在时空关系上较密切的原因：从国内外大量资料中发现，形成红层和铀矿化的构造条件几乎完全相同，两者都发生在区域性造山运动末期出现的拉张、减压时期所形成的断陷构造之中。由于造山运动能增加大陆的高度，相对来说，海平面的降低，就必然会影响到区域性气候的变化，由于海洋面积的减少，低海平面就意味着比较低的蒸发率和降水量，从区域上就可造成陆上干燥环境^[4]。因此，每次造山运动之后，就必然会出现一次相应的区域性红层。经过大的造山运动后，由于地壳上升，一些新的物质（如富铀层体）就会暴露于地表，接受风化剥蚀作用，为成矿提供充足的物质来源。因此，工业铀矿床也总是形成在每次造山运动之后。由此可以看出，红层与铀矿化实际上是造山运动所生下的一对“双胞胎”。

2. 红层在铀成矿中所起的作用

（1）众所周知，由于地壳中分散的铀本来是以稳定的四价铀状态存在的，只有在干热气候条件下，含氧水从岩石中淋滤铀并蒸发增浓，变成含铀水，才能为铀矿床的形成提供足够的铀源。而形成红层所特有的古气候、物理化学及古水文地质条件，不仅能为铀的活化、迁移提供最理想的地球化学环境，而且有利于含铀溶液的“浓缩”。加之由于当时降雨量大大小于蒸发量，植被不发育，土壤中有机物数量极少，还原剂数量有限，使得活化的铀不至于大量被地表径流搬运迁入海洋或造成过于分散，而是往下渗滤。

（2）在红层发育的地区，由于氧化还原交替作用比较强烈，地表氧化带发育较深，地下氧化还原过渡带发育较充分，垂幅较大，这不仅有利于高浓度的含铀溶液往较深部运移，而且能为铀的沉淀、富集造就极有利的地化环境和场所，促使主要工业铀矿化都赋存在距地表不太深的氧化-还原过渡部位上。

（3）由于红层形成时一般堆积速度都比较快，因此，碎屑物不可能彻底被氧化，大部分铀仍以U⁴⁺形式随碎屑颗粒一起被带到红层之中。在物源区岩石铀含量较高的情况下形成的红层的铀丰度也较高，能为成矿直接提供铀源。如对西北地区许多中生代盆地内的长石砂岩红层的研究^[5]表明，它们是盆内砂岩型铀矿床形成的主要铀源。如新疆库米什盆地中的505矿床、喀什盆地中的508矿床以及伊宁盆地内的几个铀矿床的铀源都来自矿层上覆的长石

砂岩红层。

(4) 红层的保留程度还能直接反映某一地区保矿条件的好坏, 红层的存在本身就标志着区域上遭受后期剥蚀程度适度。有关的矿化保存和揭露条件较好——矿体还可能没有遭到彻底的破坏, 同时也没有被矿后各地质时期巨厚的沉积物所深埋。

(三) 红层与铀成矿关系的几个问题

1. 与铀矿有关及无关的红层

(1) 不同气候条件下形成的红层与铀成矿的关系: 上面曾谈到, 在干热、温湿、甚至于寒冷气候条件下都可以形成红层, 但只有干热气候条件下形成的红层才与铀成矿有关。因为在干旱气候条件下, 地表盛行强氧化环境, 在大量自由氧作用下, 岩石中的 U^{4+} 遭到破坏, 转化为活泼的 U^{6+} 被淋出, 进入地下水或间隙水。由于干旱带内地球化学景观为碱性或偏碱性 (pH 为 7.5—11), 铀在这种介质中往往能以铀酰碱性碳酸盐络离子 $[UO_2(CO_3)]^{4-}$ 形式迁移; 加之干旱气候带内降雨量少, 活化的铀不致于大量被地表径流携带迁入大海, 而是往下渗滤, 而且由于气候增浓能使含氧地下水成十倍的富集铀, 并在有利的成矿地段和环境条件下形成铀矿床。而在潮湿气候条件下, 植被生长茂盛, 阻碍了铀的活化和向深部迁移; 另一方面, 由于丰富的水量大大冲淡了介质中的铀的浓度。因此, 潮湿气候时期是铀矿床遭受破坏的时期。

(2) 不同类型红层与铀成矿的关系: 通过研究发现区内铀矿化与陆相红层关系比较密切, 而与海相红层关系不大, 海陆过渡相红层介于两者之间。在陆相红层中铀矿化又主要与成岩后生阶段形成的冲积红层、沙漠红层、三角洲红层及火山岩红层等关系最密切, 而与沉积阶段形成的冲积平原红层 (堤岸红层, 湖相红层等) 的关系较差。这主要是因为冲积红层等都是干旱气候条件下快速堆积的沉积物, 其中有较多的长石砂岩类岩石, 其本身的铀含量较高, 在成岩后生作用阶段又为封闭系统, 长石被水云母化, 当长石、石英被自生的赤铁矿、针铁矿、水针铁矿交代变红时, 其中的铀同时被活化, 由于其为氧化环境, 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 值较低的灰色还原层中沉淀, 形成矿床^[5]。

2. 铀矿化产在红层中位置: 所谓与红层有关的铀矿化, 其实并不直接产在红层中, 而往往产在红层上、下或红层内所夹的浅色还原层中, 但成因上与陆相红层有着较密切的联系。由于红层一般都形成于氧化环境, 铀在这种环境中较稳定的是正六价, 易于从固相转入到液相中来, 使得地下水富铀。而浅色层一般形成于还原环境, 铀在浅色层中呈较稳定的正四价, 易于从液相中析出进入固相。这种价态的变化, 才是铀在红层期成矿真正原因。而且, 只有在红层与浅色层之间存在较长时间间隔 (或沉积间断) 的靠近浅色层一侧, 不论是在红层之上, 还是红层之下, 才是形成具有较大工业意义铀矿床的有利部位。

3. 凡是有矿的地方, 附近必定有红层, 但有红层的地方不一定都有矿: 由于红层在铀成矿过程中起有重要作用, 所以“凡是有矿的地方附近必定有红层 (除古砾岩型铀矿床外)”。但是, 又因为红层并不是铀成矿的唯一条件, 因此“有红层的地方并不一定都有矿”。红层条件好, 而其它成矿条件不理想, 矿也成不了。例如陕甘宁盆地第 V 期陆相红层十分发育, 但由于区域上缺乏构造岩浆活动, 加之蚀源区的铀源条件也较差, 虽然红层条件十分有利, 但并未能形成与其相应的工业铀矿化。

4. 红层与富矿的关系: 与红层有关的富矿成矿条件, 主要有以下3条:

(1) 在其它地质条件(如铀源条件、构造条件)具备的情况下, 一个地区地史上陆相红层发育的时间越长, 经历的红层期次数越多, 形成富矿的可能性就越大。因为红层发育的时间越长, 地表强氧化环境持续的时间就越久, 使得成矿溶液能有较高的Eh值, 对活性铀具有较强的汲取能力, 能使富铀地质体内分散的铀尽可能的活化, 以大大 增加含铀溶液的浓度, 为成矿源源不断地输送极其丰富的成矿物质。红层发育的时间越长, 反映该区区域构造环境相对较稳定, 地下氧化-还原过渡带发育, 能为铀的沉淀富集提供良好的环境和场所, 使含铀溶液中的铀有充分时间富集成矿。另外, 一个地区红层期发育的次数越多, 则叠加成矿作用的机会也就越多, 在原有矿化的基础上可以不断得到加大、加富。国外产于下元古界中的富大铀矿床及西北地区的几个相对较富的矿床如405、706矿床等, 均具有上述特点。

(2) 红层期内形成的铀矿床, 如果发现后期有蒸发成矿作用的叠加, 往往容易形成富矿。如新疆的515含铀煤型铀矿床。铀品位平均可达10%左右, 含矿主岩为侏罗系中下统, 成矿时代发生在燕山-喜山红层期, 实地考察发现它不仅具有一般砂岩型铀矿成矿的特征, 而且还发现凡是富矿部位的上面都有一层厚约1cm的石膏层, 反映真正的富矿地段曾有过类似膏结岩型蒸发成矿作用的叠加。含铀溶液不断向上蒸发浓缩, 才形成了这种特富型的铀矿体。

(3) 在陆相红层发育期内, 如果伴有较强烈的火山活动, 如产出酸性火山物质, 对形成富矿比较有利。因为它不仅能提供铀含量较高的火山物质, 而且能提供热源及形成热盖, 使富铀层中的铀元素进一步活化、富集而形成富矿。如准噶尔地区的520矿床。

三、与红层期有关的铀成矿模式

通过红层与铀成矿关系的分析以及对西北各类铀矿床形成机理的探讨, 发现不管是以砂岩型铀矿床为代表的外生铀矿床, 还是以花岗岩型铀矿床为代表的内生铀矿床, 它们的成矿条件及成矿方式实际上并没有十分严格的区别。如各类铀矿床的铀源都主要来自地表或地壳浅部铀含量较高的地质体; 成矿溶液主要以大气降水为主, 少数为大气降水与再平衡岩浆水的混合; 铀的活化、迁移主要发生在当地红层发育时期; 铀的沉淀富集都与地球化学障有联系, 主要工业矿化都赋存在氧化-还原过渡部位上; 主成矿期与围岩都有一定时差, 而与当地红层形成时间吻合, 空间分布上与红层相伴等等。所以, 似乎并不存在专门形成那一类铀矿床的成矿作用。各类铀矿床的主要成矿过程大致都是: 由早期各种地质作用形成的富铀地质体(沉积岩、岩浆岩、变质岩), 在区域性造山运动的影响下发生挤压、褶皱、抬升、上隆, 逐渐被转移到地表或地壳浅部; 尔后, 由于减压、引张、断块下降出现地裂运动及广泛准平原化。古气候也逐渐转为干旱炎热, 区域性陆相红层开始发育, 当时地壳表层处于强氧化偏碱性的地球化学环境, 强烈的物理化学过程及较高的 f_{O_2} 和Eh值, 促使近地表富铀地质体开始接受表生改造(即风化剥蚀)。铀被淋出, 由 $U^{4+} \rightarrow U^{6+}$ 进入地表水或地下水, 并受气候增浓作用的影响而成十倍的富铀, 形成富铀溶液; U^{6+} 主要呈铀酰碳酸盐络离子 $[UO_2(CO_3)]^{4-}$ 形式随含铀溶液沿断裂带或地球化学不连续面往下渗滤, 在渗流过程中一方面可以经地热增温或受其它热源的加热而变成热水(液), 另一方面还可以从围岩中浸取部分成矿物质, 进一

步增加含铀溶液的浓度, 当遇到地球化学还原障或流经氧化-还原过渡带时, 溶液中的铀便

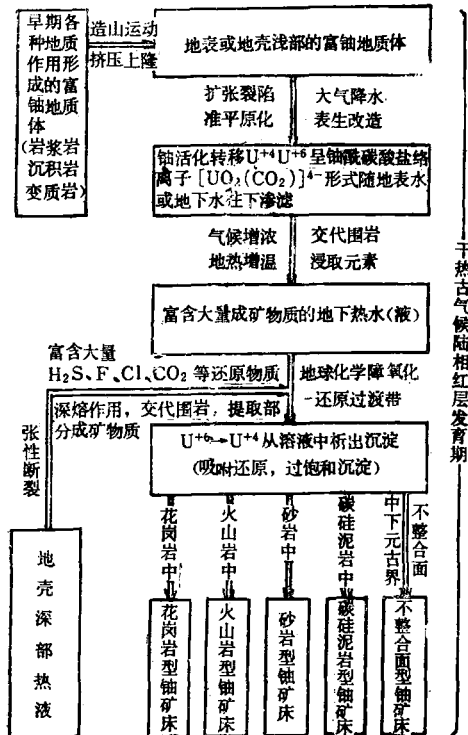


图 1 与陆相红层发育期有关的铀成矿模式示意图

Fig. 1. Sketch metallogenic model for uranium deposits related to the developmental period of continental red beds.

可通过吸附、还原或过饱和沉淀等不同方式被截止和沉淀, 由 $U^{6+} \rightarrow U^{4+}$ 从溶液中析出、富集成矿; 并且可以根据不同的赋矿围岩而划分出各种不同类型的铀矿床。如赋矿围岩是花岗岩, 则可以形成所谓的花岗岩型铀矿床; 如果围岩是砂岩, 便可称为砂岩型铀矿床等等。在成矿过程中, 如果有来自地壳深部的热液参与时, 对铀的成矿作用将更加有利, 因为它不仅能提供热源, 而且还能带来大量促使铀沉淀的还原物质 (如 H_2S 、 F 、 Cl 、 CO_2 等) 以及提供少量在其上升过程中从围岩中汲取的铀。

综合以上论述, 我们可以归结成一个铀成矿模式, 即与陆相红层发育期相关的铀成矿模式 (图 1), 并认为从总的成矿过程来看, 它基本上能适用于各类铀矿床。

参 考 文 献

- (1) 陈祖伊等 1983 华南断块运动—陆相红层发育期与区域铀矿化 地质学报 第3期
- (2) 黄汲清、任纪舜等 1980 中国大地构造及其演化 科学出版社
- (3) 马杏垣等 1985 现代地壳运动研究 地震出版社
- (4) L. A. 费雷克斯 1984 地质时代的气候 海洋出版社 第258—259页
- (5) 王志龙 1985 我国西北大、中型内陆盆地中的生铀层双层结构模式及其在盆地成矿远景评价中的意义 铀矿地质 第4期

RELATIONS OF RED BED PERIODS TO URANIUM MINERALIZATION IN NORTHWEST CHINA, SHANGXI AND INNER MONGOLIA

Zhou Qiaosheng and Quan Zhigao

(No. 203 Institute, Northwest China Geological Survey, Xianyang, Shaangxi)

Abstract

Uranium deposits are related to some extent with red beds, which have played an important role in uranium mineralization. In this paper, the red beds that have appeared in geological history of Northwest China are divided into six periods, and the role of red beds in uranium mineralization and the internal relations between them are discussed. It is pointed out unequivocally that temporarily uranium deposits were formed simultaneously with red beds and spatially they are associated with each other. Uranium deposits are bound up mainly with continental red beds formed under the condition of dry and hot climate. Red beds are surely existent wherever ore deposits are found, but not necessarily vice versa. On the basis of an integrated analysis, the uranium metallogenic theory and metallogenic model related to red bed periods are presented.

<http://www.kcdz.ac.cn/>