

# 层间氧化带边界类型划分与铀成矿潜力评价

权志高

(核工业 203 研究所, 陕西 咸阳 712000)

**摘 要:** 层间氧化带型铀矿床只与特定背景条件下形成的部分层间氧化带有关, 铀元素沉淀富集于层间氧化带前锋线及其附近; 在该区域地球化学性质完全不同的氧化与还原介质相互作用; 对于铀成矿作用来说, 氧化作用的效果是十分重要的, 可以通过采集目的层相同岩性在正常氧化带和正常原生带的样品, 分析其铀含量比值, 间接反映氧化作用使铀从围岩中带出的能力; 铀是否成矿主要取决于层间氧化带前锋线还原障的还原能力, 参照岩石原生地球化学类型划分原则, 岩石还原能力可划分为强还原能力( $C_{\text{有机质}} > 0.3\%$ )、中等还原能力( $C_{\text{有机质}} 0.05\% \sim 0.3\%$ )、弱还原能力( $C_{\text{有机质}} < 0.05\%$ ) 3 个等级; 以反映岩石还原能力的有机质含量为横座标, 以 0.05% 和 0.3% 分别作为划分弱中、中强还原能力的分界线; 以反映氧化作用效果的  $U_{\text{氧化}}/U_{\text{还原}}$  为纵座标, 以 0.5 和 1 分别作为氧化作用效果好与较好、较好与差的分界点; 划分层间氧化带边界类型为 9 类; 根据不同层间氧化带前锋线边界类型的成矿潜力差异, 可作为对目标区进行层间氧化带型铀成矿潜力评价的依据。

**关键词:** 层间氧化带; 边界类型; 成矿潜力; 评价依据

**中图分类号:** P611.21; P619.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)04-0225-04

世界上已发现的众多砂岩型铀矿床, 大多数受层间氧化带控制, 属层间氧化带成因类型。层间氧化带在干热气候区次(亚)造山带(相对高差不超过 1 500 m)山前和山间盆地广泛发育; 但并非所有的层间氧化带都能形成与之相关的层间氧化带型铀矿床, 该类型铀矿床只与特定背景条件下形成的部分层间氧化带有关。换言之, 层间氧化带是形成层间氧化带型铀矿床的必要条件, 但不是形成层间氧化带型铀矿床的充要条件。什么样的层间氧化带成矿, 什么样的层间氧化带不成矿, 有许多铀矿地质工作者从不同角度进行了研究探索<sup>[1]</sup>, 提出了许多认识和看法, 笔者主要想通过对氧化作用和还原作用边界类型的划分, 探讨不同边界类型层间氧化带的成矿潜力, 进而提出层间氧化带型铀成矿远景评价模式。

## 1 层间氧化带型铀矿床成矿模式

层间氧化带型铀矿床形成机制和成因模式已众所周知(图 1)。在层间氧化带型铀矿床成矿模式中,

铀元素沉淀富集于: 层间氧化带前锋线及其附近, 该区域是地球化学性质完全不同的氧化与还原介质相互作用的结果; 富铀含氧水遇还原地球化学障, 在此区间系统发生多元藕合反应和临界转变, 其地球化学作用过程为: 氧化平衡地球化学场被打破(一个成矿作用过程的开始) 不平衡(紊乱)地球化学场(铀成矿作用发生并持续) 在系统自组织作用下, 形成新的氧化还原平衡场(一个铀成矿作用过程结束); 铀矿床的形成是无数个这种地球化学过程周而复始进行的结果。由此可以看出, 层间氧化带型铀矿床的形成主要取决于氧化和还原两种作用的强度和潜力。

## 2 氧化作用表述

在研究层间氧化带的过程中, 氧化作用的强度划分人们往往客观上依据后生氧化蚀变的颜色, 微观上依据  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 、氧化还原电位、氧逸度等, 这无疑对于层间氧化带的分带、氧化作用的过程及层间

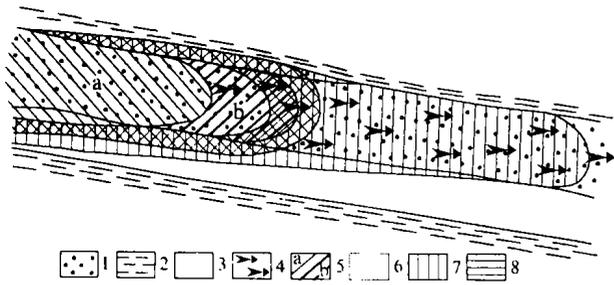


图 1 层间氧化带型铀成矿模式示意图

Fig. 1 Diagrammatic map of metallogenic model for interformation oxidized zone

1. 各种粒级的砂岩
2. 粉砂岩
3. 煤
4. 炭化植物残骸
5. 褐铁矿化带(a. 完全的; b. 不完全的)
6. 铀矿化
7. 黄铁矿化带
8. 无矿带

氧化带型铀矿床成矿理论的建立是十分重要的。但对于铀成矿作用来说,氧化作用的效果是十分重要的,即通过氧化作用使围岩中的铀进入含氧水中的数量,当然这可以通过直接测量补给区、径流区和原生带(或排泄区)水中的铀含量得到,但在区域评价阶段不施工水文孔的情况下,径流区的水样无法采集,而补给区和排泄区的地下水距工作目标区往往距离很大,由于地下水地球化学环境的复杂性,可能使分析数据偏离目标区实际较大。因此,笔者认为可以通过采集目的层相同岩性在正常氧化带和正常原生带的样品,分析其铀的质量分数比值,间接反映氧化作用使铀从围岩中带出的能力。为了提高分析结果的可靠性,可以采用组合样品或多个样品的加权平均值。 $w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{原生}}) = 1$ ,表示铀没有被氧化带出,氧化效果差,岩石中铀主要为惰性铀; $w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{原生}}) < 1 \sim 0.5$ ,表示铀被部分氧化带出,氧化效果较好,主要为活性铀; $w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{原生}}) < 0.5$ ,表示铀被大量带出,氧化效果显著,铀主要为活

性铀。

### 3 还原作用表述

当含氧水将围岩中的铀浸出形成富铀含氧水时,铀是否成矿主要取决于层间氧化带前锋线还原障的还原能力。使铀还原沉淀的地球化学障是多种多样的,如有机质、硫化氢、Eh、PH、石油气等,但在无后生还原剂作用的背景下,起决定性作用的是原生岩石中的有机质含量,即岩石原生地球化学类型。岩石中的有机质与金属成矿的关系已有许多矿床地质工作者进行了深入研究<sup>[1-6]</sup>。乌兹别克斯坦的 X. L. 卡里莫夫等依据岩石颜色、主要自生铁矿物、有机质含量、铁的价态将岩石原生地球化学类型划分为 7 种:黑色、灰色、绿色、白色、蔷薇色、红色(褐色)、杂色。在划分方案中,只有有机质含量有定量指标,黑色 0.3% ~ 0.5%,灰色 0.05% ~ 0.3%,其余 < 0.05%。通过对前苏联大量层间氧化带型砂岩铀矿床的研究,发现只有灰色、黑色两种岩石原生地球化学类型岩石能形成工业铀矿床。参照岩石原生地球化学类型划分原则,岩石还原能力可划分为:强还原能力为  $C_{\text{有机质}} > 0.3\%$ ;中等还原能力为  $C_{\text{有机质}} = 0.05\% \sim 0.3\%$ ;弱还原能力为  $C_{\text{有机质}} < 0.05\%$ 。

### 4 层间氧化带边界类型划分

以反映岩石还原能力的有机质含量为横座标,以 0.05% 和 0.3% 分别作为划分弱中、中强还原能

X. L. 卡里莫夫等. 1996. 乌兹别克斯坦共和国, 乌奇库杜克型铀矿床. (狄永强、夏同庆译) 中国核工业地质总局(内部资料).

A. N. 别列里曼. 1995. 水成铀矿床. (熊福清、孙西田、狄永强等译) 核工业西北地质局 203 研究所(内部资料).

M. 马克西莫娃, E. M. 什玛廖维奇普. 1996. 层间渗入成矿作用. 夏同庆, 潘乃礼译. 核工业西北地质局 203 研究所(内部资料).

夏同庆, 译. 1995. 编制 1:20 万专用图和预测形成于层间氧化带尖灭处铀矿床的方法. 可地浸铀矿床普查、勘探和预测方法译文集(1), 核工业西北地质局 203 研究所(内部资料).

郭三民, 苟润祥, 夏同庆, 等译编. 1995. 国外水成铀矿原地浸出采矿技术及成矿新理论文献汇编. 核工业西北地质局 203 研究所(内部资料).

H. B. 安库季诺夫, 等. 1996. 层间氧化带型铀矿床预测和普查中的放射性水文地质工作. 夏同庆, 熊福清, 孙西田译. 核工业西北地质局地质处, 核工业二〇三研究所(内部资料).

周维勋, 陈安平. 2001. 砂岩型铀矿与地浸砂岩型铀矿: 回顾与展望. 世纪之交的铀矿地质科技态势, 中国核工业地质局(内部资料).

王正邦. 2001. 国外地浸砂岩型铀矿地质发展现状与展望. 世纪之交的铀矿地质科技态势, 中国核工业地质局(内部资料).

薛志恒, 李德文, 夏同庆译. 1996. 可地浸铀矿床普查、勘探和预测方法译文集(3). 核工业西北地质局科技处, 核工业 203 研究所科技情报室(内部资料).

力的分界线;以反映氧化作用效果的  $w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{还原}})$  为纵坐标,以 0.5 和 1 分别作为氧化作用效果好与较好、较好与差的分界点;划分层间氧化带边界类型为 9 类(图 2)。各边界类型的地球化学指标及地质意义列于表 1,由表 1 层间氧化带边界类型地球

化学特征可以得出:  $A_1B_3$ ,  $A_1B_2$ ,  $A_2B_3$ ,  $A_2B_2$  均为铀成矿有利类型,其中  $A_1B_3$  铀成矿潜力最大,为五星级;  $A_1B_2$ ,  $A_2B_3$  次之,为四星级;  $A_2B_2$  为三星;其他层间氧化带边界类型基本难以形成有实际意义的工业铀矿化。

表 1 层间氧化带边界类型划分及地球化学特征

Table 1 Division of marginal type for interformation oxidized zone and the geochemistry nature

类型	$w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{原生}})$	有机质含量(%)	地球化学特征	铀成矿潜力
$A_1B_1$	< 0.5	< 0.05	氧化效果好,铀被大量带出,还原能力弱	难成矿
$A_2B_1$	0.5 ~ < 1	< 0.05	氧化效果一般,铀被部分带出,还原能力弱	难成矿
$A_3B_1$	1	< 0.05	氧化效果差,铀未被带出,还原能力弱	难成矿
$A_1B_2$	< 0.5	0.05 ~ 0.3	氧化效果好,铀被大量带出,还原能力中等	
$A_2B_2$	0.5 ~ < 1	0.05 ~ 0.3	氧化效果一般,铀被部分带出,还原能力中等	
$A_3B_2$	1	0.05 ~ 0.3	氧化效果差,铀未被带出,还原能力中等	难成矿
$A_1B_3$	< 0.50	> 0.3	氧化效果好,铀被大量带出,还原能力强	
$A_2B_3$	0.5 ~ < 1	> 0.3	氧化效果一般,铀被部分带出,还原能力强	
$A_3B_3$	1	> 0.3	氧化效果差,铀未被带出,还原能力强	难成矿

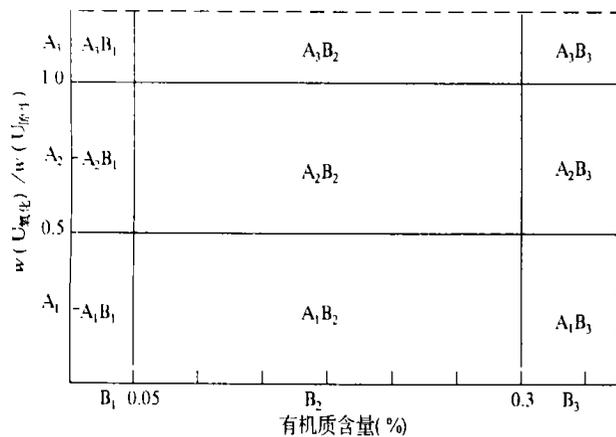


图 2 层间氧化带前锋线边界类型划分图

Fig. 2 The marginal type division of interlayer oxidized zone front

## 5 层间氧化带边界类型与铀成矿潜力评价

前已述及,层间氧化带的成矿潜力取决于层间氧化作用的效果和地球化学障的还原能力,图 2 划分出的层间氧化带边界类型是不同含铀含氧水与不同还原潜力地球化学障的组合,反映了不同的铀成矿潜力,据此可作为对目标区进行层间氧化带型

铀成矿潜力评价的依据(图 3)。根据不同层间氧化带前锋线边界类型的成矿潜力差异,将图 3 分为  $N$ ,  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  个区,  $N$  区为不能形成工业铀矿化的层间氧化带类型;  $Y_1$ ,  $Y_2$  区均为可以形成工业铀矿化的层间氧化带类型,但成矿潜力有明显差异,  $Y_1$  区铀成矿潜力大,可列为 I 类铀成矿远景区;  $Y_2$  区铀成矿潜力相对较小,可列为 II 类铀成矿远景区。需要指出,根据目前国内外已发现层间氧化带型铀矿床资料,岩石原生地球化学类型中有机质含量均大于 0.05%,应处于  $Y_1$ ,  $Y_2$  区,但由于氧化作用效果  $w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{原生}})$  目前还没有这种表示方式和资料,所以已知铀矿床在图 3 中的具体位置难以确定。

## 6 结论

(1) 并非所有层间氧化带都能形成层间氧化带型铀矿床,层间氧化带型铀矿化只形成于特定条件下的层间氧化带前锋线位置。

(2) 铀元素在层间氧化带前锋线的沉淀富集是地球化学性质完全不同的氧化剂和还原剂相遇后的藕合反应和临界转变。

(3) 岩石的还原能力可以用有机质含量划分为弱还原、中等还原和强还原;氧化作用效果可以用  $w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{还原}})$  划分为差、中、好 3 种。

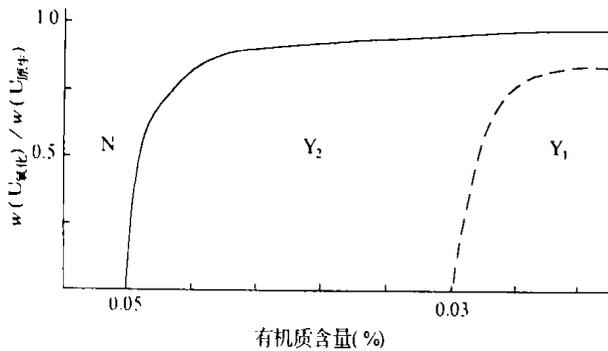


图3 层间氧化带型铀成矿潜力评价模式图

Fig. 3 Model map of uranium minerogenic capacity appreciation for interlayer oxidized zone uranium deposit

N. 非成矿层间氧化带边界类型分布区 Y. 成矿层间氧化带边界类型分布区 Y<sub>1</sub>. 为 类铀成矿远景区 Y<sub>2</sub>. 为 类铀成矿远景区

(4) 依据层间氧化带的氧化效果  $w(U_{\text{氧化}})/w(U_{\text{还原}})$  和岩石的还原能力, 将层间氧化带边界类型划分为 9 种, 各种类型具有不同的铀成矿潜力, 其中 A<sub>1</sub>B<sub>3</sub>, A<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>, A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> 为有利于铀成矿的层间氧化带边界类型。

(5) 层间氧化带边界类型可作为层间氧化带型

铀矿床成矿远景预测的依据, 并可划分为 N, Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub> 3 个区。N 区为不能形成工业铀矿化的层间氧化带边界类型; Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub> 区均为能形成工业铀矿化的层间氧化带边界类型; 其中 Y<sub>1</sub> 区的潜力大于 Y<sub>2</sub> 区, Y<sub>1</sub> 为类铀成矿远景预测区, Y<sub>2</sub> 为类铀成矿远景预测区。

#### 参考文献:

- [1] Saxby I D (肖学军, 译). 有机质在矿床成因中的重要意义[A]. 层控矿床与层状矿床(第二卷)[C], 北京: 地质出版社, 1980.
- [2] 陈远荣, 贾国相, 戴塔根. 论有机质与成矿和勘察[J]. 中国地质, 2002, 29(3): 257-261.
- [3] 千春江, 傅家谟, 盛国英, 等. 吐哈盆地侏罗系煤成液态烃生成演化的热模拟实验研究[J]. 地质学报, 1998, 72(3): 276-284.
- [4] 吴涛, 张世煊, 干武利. 吐哈盆地构造演化与煤成烃富集规律[J]. 地质论评, 1996, 42(增): 31-36.
- [5] 赵长毅, 陈建平, 程克明, 等. 吐哈盆地煤沼泥岩有机相型与原岩评价[J]. 地质学报(英文版), 1998, 72(2): 169-179.
- [6] 权志高, 李占双. 新疆十红滩砂岩型铀矿床基本特征及成因分析[J]. 地质论评, 2002, 48(4): 430-435.

## THE DIVISION OF INTERLAYER FORMATION OXIDIZED ZONE MARGINS AND APPRAISE OF THE URANIUM MINEROGENIC CAPACITY

QUAN Zhi-gao

(Institute of Uranium Deposit, No. 203, Nuclear Industry Campany, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** Interformational oxidized zone type U-deposits are limited to the interformational oxidized zones formed in particular condition. U-element is enriched at the front of the oxidized zone or in its surroundings where the oxidized and reduced media react with each other. Oxidation is the key to U-ore formation. Analysis of samples from the normal oxidized zone and the primary sedimentary zone show indirect U-mobilization from the wallrock and the ore formation mainly depends upon reduction capacity of the geochemical barrier. According to principle of the primary geochemical classification the rocks reduction capacity is divided into strong (organic carbon > 0.3%), medium (organic carbon 0.05% ~ 0.3%) and weak (organic carbon < 0.05%). Oxidation degree is divided by values of 0.5 and 1 at the U-oxidation/reduction longitudinal coordination into effective oxidation and less effective oxidation. Based on the data the interformational oxidized zones are subdivided into 9 types. ore formation difference at the front is the basis to appraise the ore formation potential of the U-deposit.

**Key words:** interlayer oxidized zone; marginal type; minerogenic capacity; appreciable basis