

伊犁盆地库捷尔太铀矿床 层间氧化带与铀矿化特征研究

王 军 耿树方

(中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要:库捷尔太铀矿床(又名 512 铀矿床)是中国第一个典型的层间氧化带可地浸砂岩型铀矿床,矿床形态、规模、品位和分布都受控于层间氧化带,而层间氧化带在空间上具有多层性、叠加性和分带性。本文通过对库捷尔太铀矿床层间氧化带展布、分带性、岩石特征和矿体分布,铀矿物和价态铀的分布组合特点的分析,来进一步认识层间氧化带可地浸砂岩型铀矿床成矿规律,丰富水成铀矿床理论,以便对今后在寻找这类矿床时具有一定的指导意义。

关键词:伊犁盆地;库捷尔太铀矿床;层间氧化带;可地浸砂岩

中图分类号:P619.14 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)03-0705-09

可地浸砂岩型铀矿床是指产于中生代盆地内疏松砂岩中具有可原地浸出的铀矿床。地浸采铀具有成本低、环境污染小、成效高、建矿周期短、铀矿床可采边界品位的要求低等优点^[1]。地浸技术的应用和发展,促成了全世界范围内寻找可地浸砂岩型铀矿床的高潮。目前,中国已在伊犁盆地找到了首个大型层间氧化带砂岩型铀矿即库捷尔太铀矿床^[2],而且成功地进行了地浸开采。

库捷尔太铀矿早在 20 世纪 50 年代就已发现,当时是以找含铀煤型为主,却在黄色砂岩边部及其尖灭部位发现了大量的铀矿化。由于当时开采条件及对该铀矿形成机理的认识所限,未对此类铀矿进行较详细的研究。到了 20 世纪 80 年代末,新的开采手段——地浸法及新的成矿理论——水成铀矿理论的引用,特别是地浸法在库捷尔太铀矿床实验成功,可地浸的砂岩型铀矿床成为全国铀矿找矿工作的重点。20 世纪 90 年代通过对该矿床的普查和勘探,落实了两个矿带的铀资源量,其中 V 旋回规模大,延伸稳定,砂体厚度适中,含矿性最好,是矿床的主含矿带;其次是 I、II 旋回矿带,普查和勘探发现铀矿化主要赋存在砂体中层间氧化带的尖灭部位,多数人认为铀成矿富集机理是

含矿层沉积时堆积的有机质及沉积成岩阶段形成的低价硫化物对层间渗入氧化水中铀的还原吸附作用,分别对铀层间氧化带的特征和铀成矿特征进行过论述^[3-5],但把二者有机结合起来论述相对较少。笔者总结了层间氧化带的特征和铀成矿的特征以及层间氧化带对铀矿化的控制作用,从中来认识层间氧化带型砂岩型铀成矿规律,这对今后寻找可地浸的砂岩型铀矿将具有着重要的指导意义。

1 成矿地质背景

库捷尔太铀矿床位于伊犁盆地南缘西段,属新疆伊犁哈萨克自治州察布查尔县琼博拉乡。矿区距伊宁市 70 km,距察布查尔县 52 km,西距哈萨克斯坦国界 7.5 km,交通方便。大地构造位置处于哈萨克斯坦板块和塔里木板块所夹持的伊犁微板块中。伊犁盆地是在塔里木板块和哈萨克斯坦板块的南北对冲挤压应力作用下形成的大型内陆山间拗陷盆地。盆地北靠科古琴山,南临察布查尔山脉,东以喀什河隐伏断裂为界,西部延入哈萨克斯坦共和国境内,全盆面积约 40 000 km²。中国境内面积约 16 000 km²,呈东窄西宽的楔形体展布。伊犁盆地的构造演变对层间氧化带

形成至关重要,在 T_2 — J_2 时期为潮湿下拗阶段,形成了中—上三叠统小泉沟群(T_{2-3xq})湖相沉积和中—下侏罗统水西沟群灰色含煤碎屑岩建造。其中早—中侏罗世盆地整体下沉接受沉积的过程中,使含铀高的碎屑沉积物大量进入盆地,形成了侏罗系的铀初步富集;也形成了厚度适中和富含有机质的砂体,为铀成矿提供了铀源和丰富的还原物质;在 J_3 — E 时期为干燥上隆阶段,盆地在干旱气候条件下整体隆起,形成自流水盆地,使得含氧地下水沿中下侏罗统水西沟群单斜层流动,形成层间氧化带和铀矿化;在 N — Q 时期是改造阶段,在喜山中—晚期挤压构造运动影响下,盆内产生近北向和北东向次级断裂,盆地南缘东部产生褶皱,山前形成新的逆冲断裂,南缘西部单斜地层局部产生挠曲,盆地全面抬升,除盆地中心外大范围处于剥蚀和沉积间断环境。第四纪以来,盆地以脉动式整体稳定抬升为主,形成三级河床阶地,使形成的铀矿化得以保存。

伊犁盆地地质特征如图 1 所示,盆地基底主要由中上元古界、古生界以及晚古生代中酸性花岗岩组成。伊犁盆地盖层主要由三叠系、侏罗系、白垩系、

古近系、新近系和第四系构成。盆地内铀矿化主要分布在下中侏罗统水西沟群暗色含煤碎屑岩建造中。铀矿化赋存的主岩岩性有砂砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩、泥岩以及煤。按照容矿主岩的岩性可将盆地铀矿化分为砂岩型、泥岩型和煤岩型 3 类。库捷尔太铀矿床中的铀矿化主要分布在下中侏罗统水西沟群暗色含煤碎屑岩中,矿化主要赋存在砂砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩以及煤中。地层特点是含煤和具多旋回结构,区内共含有 13 层煤,能构成稳定标志层的为第五、第八和第十煤层。地层自下而上划分为 8 个沉积旋回。矿区内各旋回在剖面上呈叠瓦状衔接,每个旋回由不同粒级的碎屑岩按半韵律或全韵律组合而成,厚度变化与水西沟群整体厚度变化一致,其中第 I—IV 旋回、第 V—VI 旋回,第 VII—VIII 旋回各具有相似性。

2 矿床层间氧化带特征

2.1 层间氧化带的展布特征

矿区水西沟群各旋回砂体中都发育层间氧化带,它们在剖面上呈相互分开的叠瓦状排列,层间氧化带

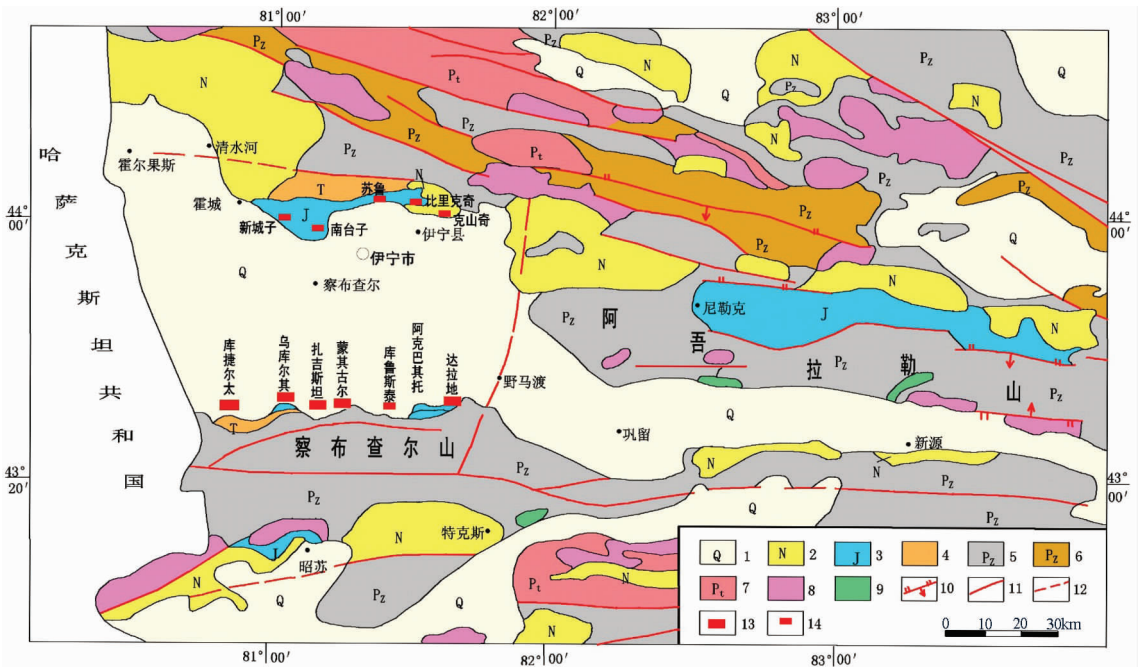


图 1 伊犁盆地及邻区铀矿地质图

- 1—第四系;2—第三系;3—侏罗系;4—三叠系;5—上古生界;6—下古生界;7—元古界;8—花岗岩;9—闪长岩;
- 10—逆断裂;11—性质不明断裂;12—隐伏断裂;13—铀矿床;14—铀矿点

Fig. 1 Geological map of uranium deposits in the Yili Basin and adjacent areas

- 1—Quaternary; 2—Neogene; 3—Jurassic; 4—Triassic; 5—Upper Paleozoic; 6—Lower Paleozoic; 7—Proterozoic; 8—granite;
- 9—diorite; 10—reverse fault; 11—indeterminate fault; 12—buried fault; 13—uranium deposit; 14—uranium ore spot

沿倾向厚度逐渐减小,前缘呈新月状,锯齿状或不规则状尖灭,其尖灭线在平面上呈蛇曲状展布(图 2)。

由于各旋回砂体特征及水动力条件的差异性,导致各旋回层间氧化带在规模、形态及成矿作用上都有较大的差别。矿区内,以第 V 旋回层间氧化带发育最好,其次是第 I - II 旋回的层间氧化带;第 III、IV、VI 旋回的层间氧化带规模很小,宽度(砂体开启端到氧化带前锋的距离)不超过 300 m,且很不稳定,第 VIII 旋回层间氧化带多数情况下与潜水氧化带贯通。这 4 个旋回的层间氧化带对形成铀矿化均无实际意义。这里仅以 V 旋回、I - II 旋回的和 VII 旋回为例对层间氧化带发育于第 V 旋回砂体的中下部,规模相对较大,除 37~47 线地段外,氧化带前锋线一般位于第 I、II 旋回氧化带前锋线以北 600~2000 m 范围内。氧化带前锋线展布有中部平缓,向两边收缩后又扩展的趋势,宽度变化总体上为西宽东窄,中部适中。其中在 0~32 线,宽度为 900~1200 m,氧化带前锋线平缓,向西略有收缩后,至 54 线即向北扩展,70 线以西宽度达 1600 m 以上,且越向西越宽。0 线

以东其前锋线开始向南收缩,至 21 线宽度仅 250 m,21 线以东又逐渐向北扩展,至 69 线宽度增至 1100 m。氧化带厚度在倾向上具有南厚北薄的特点,即氧化带根部厚度最大,接近或等于砂体厚度,一般在 12 m 以上,中部厚度一般在 12 m 以内,至前锋厚度一般为 3~4 m。厚度在走向上以 42、46 线最薄,为 9~3 m。氧化带埋深受砂体控制,在倾向上为南浅北深,走向上则为东浅西深,总体上 54 线以东埋深小于 200 m,54 线以西大于 200 m,且越向西越深。

2.2 层间氧化带的分带特征

承压水沿层间疏松砂体向盆地中心方向渗流过程中,随着自由氧被砂体中的还原物质逐渐消耗,氧化作用随之由强变弱直至消失,在渗流经过的砂体中便产生了氧化作用不同的蚀变分带及特殊的蚀变矿物组合^[6]。根据岩石颜色、特征矿物,沿层间水渗流方向可将层间氧化带分为强氧化亚带、中氧化亚带、弱氧化亚带、过渡带和原生岩石带(表 1)。

强氧化亚带:分布于矿区南部,岩石以红色、粉

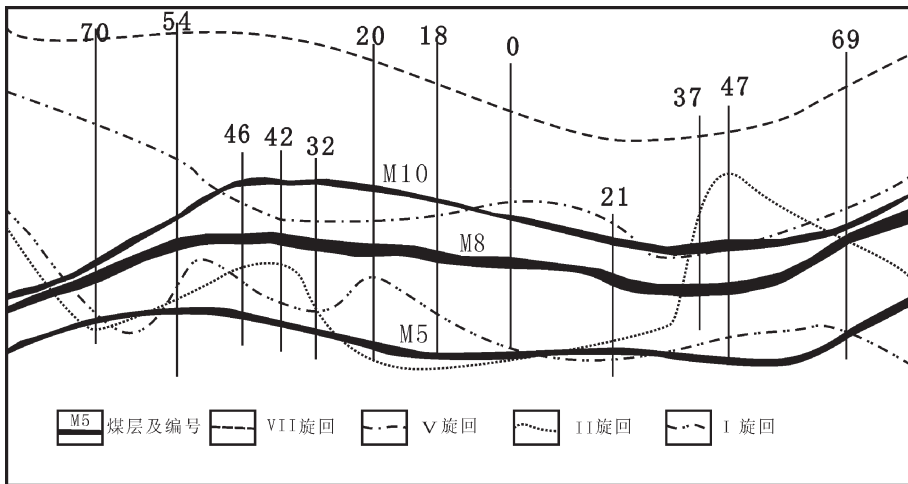


图 2 库捷尔太铀矿床层间氧化带前锋线平面分布图

Fig.2 Plan view showing the distribution of the interlayer oxidation zone frontal line in the Kujieertai uranium deposit

表 1 层间氧化带分带特征

Table 1 Zoning features of the interlayer oxidation zone

名称	强氧化亚带	中氧化亚带	弱氧化亚带	过渡带	原生岩石带
宽度/m	300~800	300~800	200~300	200~800	
颜色	红色、粉红色黄褐色	褐黄色、黄色	浅黄色、黄白色、黄色	灰色、深灰色灰白色	灰色、深灰色灰白色
特征矿物	赤铁矿、针铁矿	水针铁矿	褐铁矿、黄铁矿	黄铁矿	黄铁矿
蚀变	赤铁矿、褐铁矿化、针铁矿化、高岭土化			高岭土化、褐铁矿化	高岭土化

红色为主,低价铁矿物被完全氧化成褐铁矿,部分褐铁矿脱水成为赤铁矿,分布于填隙物中, Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值 >14 ,铁物相形式以硅酸铁为主,其次是氧化铁和碳酸铁;炭屑等有机物质基本消失;石英颗粒具溶蚀现象,岩石强烈粘土化,粘土矿物多被赤铁矿、针铁矿浸染,局部有赤铁矿胶结岩石的现象。

中氧化亚带:岩石颜色多为褐黄色、深黄色及黄色;低价铁矿物多被氧化成褐铁矿或水针铁矿,两者为铁矿物的主要组成部分, Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值为 $5\sim 10$;炭屑等有机物质多被氧化,粘土化程度较强;特征矿物为褐铁矿和水针铁矿。

弱氧化亚带:岩石蚀变颜色以浅黄色、黄白色、黄色夹灰色为主。黄铁矿大部分被氧化成褐铁矿,可见残留黄铁矿(边缘被氧化为褐铁矿),两者为铁矿物的主要成分,褐铁矿不均匀分散于填隙物中, Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值为 $2.1\sim 6.4$;镜下可见少量残留的炭化植物碎片;长石、绿泥石高岭土化多发生在矿物表面,粘土矿物多为高岭石、多水高岭石;铀及伴生元素含量增高。

过渡带:岩石颜色以灰色、深灰色及灰白色为主,铀矿石带多以灰色和深灰色为主,灰白色为褪色带的特征颜色;黄铁矿含量丰富,形态多样,成岩期黄铁矿以自形、草莓状、球粒状为主,部分黄铁矿呈胶状充填于砂岩孔隙中。 Fe^{3+}/Fe^{2+} 比值为 $0.5\sim 3.5$,说明仍有一定量的三价铁矿物存在,铁物相形式以硅酸铁为主,其次是氧化铁和硫化铁,最低的是碳酸铁、硫酸铁和磁性铁。磁黄铁矿、白铁矿及褐铁矿;水解作用发育,褪色带尤为强烈,地球化学环境为中-弱碱性变化带;有机质如炭屑等含量高,铀及伴生元素在此带富集。

原生岩石带:岩石颜色以灰色、浅灰色为主,铁矿物多以低价态形式存在,以黄铁矿为主,铁物相形式以硫化铁为主;有机炭含量略低于过渡带。

2.3 层间氧化带的元素特征

层间氧化带中的常量元素、有机质、铀及其伴生元素在不同的亚带中显示一定的变化规律,氧化带至原生岩石带 Fe_2O_3 逐渐降低,过渡带的高含量还原剂使水中部分铁离子还原沉淀, FeO 含量在过渡带最高。二价铁在氧化带含量为 0.07% ,还原带为 0.35% ,过渡带最高,为 0.62% 。三价铁在氧化带含量为 0.97% ,还原带为 0.65% ,过渡带最低,为 0.51% ;从氧化带到过渡带,碳酸铁、硅酸铁和氧化铁含量降低,硫化铁及硫酸铁含量增大;由于石英颗粒在强-中氧化亚带溶蚀、在中-弱氧化亚带次生加大,而硅酸盐分析样品主要集中在中-弱氧化亚带,统计结果显示 SiO_2 含量在中-弱氧化亚带最高; Na_2O 、 K_2O 、 Al_2O_3 含量由氧化带至原生岩石带逐渐递增, CaO 在过渡带相对较高。有机炭、硫化物含量从氧化带-原生岩石带逐渐增高,在过渡带含量最高,变化系数最大,表现出富集且分布不均匀的特点,还原带略有降低,相对来说,它们在氧化带的含量最低且变化系数最小,过渡带有机炭含量为氧化带的 8.2 倍、还原带的 1.4 倍,过渡带硫化物含量为氧化带的 3.4 倍、为还原带的 1.2 倍。矿石中伴生元素主要有 Se 、 Mo 、 Re 、 Ge 、 Ga 、 V 等,其总体变化趋势从氧化带到过渡带含量升高,但富集部位又有差异。 Mo 和 V 矿化或异常产出于还原带靠近铀矿石带一侧, Re 分布在铀矿石带内,与铀矿化空间位置基本一致, Se 矿化产于层间氧化带前锋线内侧,靠近弱氧化带, Ga 矿化则分布范围很宽,整个铀矿石带均有分布。

3 铀矿化特征

3.1 矿体特征

矿体东起库捷尔太沟的13号线西至洪海沟西70号线,呈近东西向的条带状展布。长约 5.3 km,宽 $250\sim 850$ m,平均 600 m,矿体距砂体开启部位 $1.6\sim$

表 2 层间氧化带不同分带砂岩中氧化物含量表(10^{-3})

Table 2 Oxide content of sandstone in different interlayer oxidation zones (10^{-3})

分带	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	K_2O	Na_2O	样数(个)
强氧化带	86.15	7.79	0.37	0.23	0.05	0.25	0.70	0.34	0.02	1.67	0.15	22
中氧化带	85.32	7.98	0.41	0.25	0.06	0.31	0.81	0.32	0.04	1.52	0.20	29
弱氧化带	84.86	8.54	0.45	0.26	0.03	0.45	0.94	0.29	0.02	1.74	0.18	42
过渡带	82.98	8.60	0.43	0.21	0.01	0.57	0.57	0.45	0.04	1.90	0.12	54
还原带	83.01	9.44	0.33	0.32	0.02	0.38	0.32	0.41	0.08	2.16	0.34	21

的铀含量一般高于砂岩填隙物中同种类铀矿物的铀含量。

3.3 铀的价态特征

铀的价态特征在层间氧化带中分布是通过通过对矿体中铀的分析来研究,分析结果见表4,发现在层间氧化带尖灭线附近以及矿卷的前缘部位,在氧化带中 U^{6+} 的含量比 U^{4+} 稍大,它们的比值大于1。在矿体部位,由于层间水的不断渗入补给, U^{6+} 和 U^{4+} 的分配比例在不断的变化,它们的比值很不稳定,各种比值均可能存在;而在矿卷的内侧以及还原带,它们的比值趋于稳定,接近于 $1^{[8-11]}$ 。

表4 价态铀特征统计

Table 4 Statistic features of valence-state uranium

样品号	常铀(10^{-6})	U^{4+} (10^{-6})	U^{6+} (10^{-6})	U^{6+}/U^{4+}	备注
DH024-15	3.90	2.31	1.61	0.70	氧化带
DH024-19	3.60	2.34	1.27	0.54	氧化带
U024-22	4.41	2.52	1.89	0.75	氧化带
U024-227	25.1	11.5	13.6	1.18	上翼
U024-5	179	84.8	94.2	1.11	上翼
U024-19	420	188	232	1.23	上翼
U024-20	6.41	3.53	2.61	0.74	上翼
U024-54	174	92.4	81.6	0.88	下翼
U024-260	91.5	51.7	39.8	0.77	卷头
U024-290	28.8	15.8	13.0	0.82	卷头
U024-293	99.5	56	43.5	0.78	卷头
U024-300	4.6	2.56	2.02	0.79	卷头
U024-304	4.27	2.38	1.89	0.79	卷头
U024-305	130	51.4	78.8	1.53	卷头
U024-311	25.7	11.9	13.8	1.16	卷头
U024-315	95.9	55.6	40.4	0.73	卷头
U024-318	6.99	4.19	2.80	0.67	卷头
U024-26	106	49	57	1.16	卷头
U024-29	185	107	78.2	0.73	卷头
U024-35	828	429	399	0.93	卷头
U024-41	1260	516	744	1.44	卷头
U024-254	33.7	16.2	17.5	1.08	还原带
DH024-24	20.8	10.7	10.1	0.94	还原带
DH024-28	9.1	4.69	4.41	0.94	还原带
DH024-78	14.6	7.54	7.06	0.94	还原带
DH024-84	26.3	14	12.3	0.88	还原带

注:分析数据由核工业北京地质研究院分析测试中心(2002年12月)提供。

矿石中铀矿物类型以沥青铀矿为主,根据价态铀的分析数据,计算了沥青铀矿的含氧系数为2.41~2.59,平均为2.48,即矿石中沥青铀矿的分子式可以表达为 $UO_{2.48}$,含氧系数较大,说明矿床中的沥青铀矿为后生形成的铀矿物^[8]。

4 层间氧化带对铀的控制作用

4.1 层间氧化带展布对铀矿体的控制

层间氧化带展布控制了本区的砂岩型铀矿体,铀矿体的产出与层间氧化带的规模有一定的关系^[8,12,14](表5)。矿体卷头与过渡带基本一致或小于此带,翼部矿体主要分布于弱氧化带,且宽度大部分小于此带。铀矿化发育在氧化带宽度340~1600 m,氧化带与过渡带宽度比为1:0.08至1:0.24的地段,其中以氧化带宽度900~1200 m,氧化带与过渡带宽度比为1:0.24至1:0.12的0至32线地段铀矿化最好。层间氧化带厚度小于10 m时,也不利于铀矿化的形成,如42至46线地段。剖面上,层间氧化带发育于砂体的中下部,沿倾向,由南往北厚度由大变小。而铀矿体则与之相反,翼部矿体主要发育于中-弱氧化带的顶底板黄色砂岩的边部。厚度1~2 m。卷头矿体则主要发育于弱氧化亚带外侧及过渡带中,厚度1~10 m,平均6 m多。矿体形态多以卷状为主,少见板状及透镜状,其卷状矿体形状的简单与复杂与层间氧化带的复杂程度密切相关。垂向上,矿体的埋深与层间氧化带前锋线的埋深基本一致,一般90~270 m深,其标高900~1050 m。品位变化特征,矿床的铀矿石品位在各旋回分布不一,差别也较大,平面上V旋回品位变化范围在0.01%~1.5%,平均0.05%。卷头矿体平均品位为0.052%,翼部矿体平均品位为0.069%。第I、II回矿体品位变化较大,变化范围0.01%~0.12%,卷头矿体品位要高出翼部矿体3~4倍。剖面上从氧化带前锋线内侧向还原带,矿体品位也有逐渐降低的变化趋势。

4.2 层间氧化带分带对铀矿物和品位分布的控制

层间氧化带对铀矿物和品位分布的控制是根据层间氧化带中矿物组合及U的价态特征,将铀矿物在剖面上的分布分为3个带^[6,8,12](图3)。

铀破坏亚带:铀矿物主要为沥青铀矿和少量铀石。由于氧在含氧层间水渗流过程中持续消耗,当迁移至层间氧化带尖灭前锋,即地球化学还原障处,一部分水中 U^{6+} (液相)被还原为 U^{4+} ,并生成以沥青铀

表 5 层间氧化带展布对铀矿体控制
Table 5 The control of the interlayer oxidation zone over the uranium ore body

剖面	旋回	强亚带	中亚带	弱亚带	过渡带	卷头矿体	翼部矿体	合计
		宽度/m	宽度/m	宽度/m	宽度/m	宽度/m	宽度/m	
32	V	300	340	130	120	几米	150	150
24		400	470	200	100	70	200	270
16		410	457	110	290	50	550	600
8		450	500	200	200	50	500	550
4		400	460	250	200	40	520	250
0		400	460	250	250	220	250	470
54	I - II	340	680	30	35	2	160	160
34		310	740	240	80	8	360	360
30		370	610	140	180	25	500	525

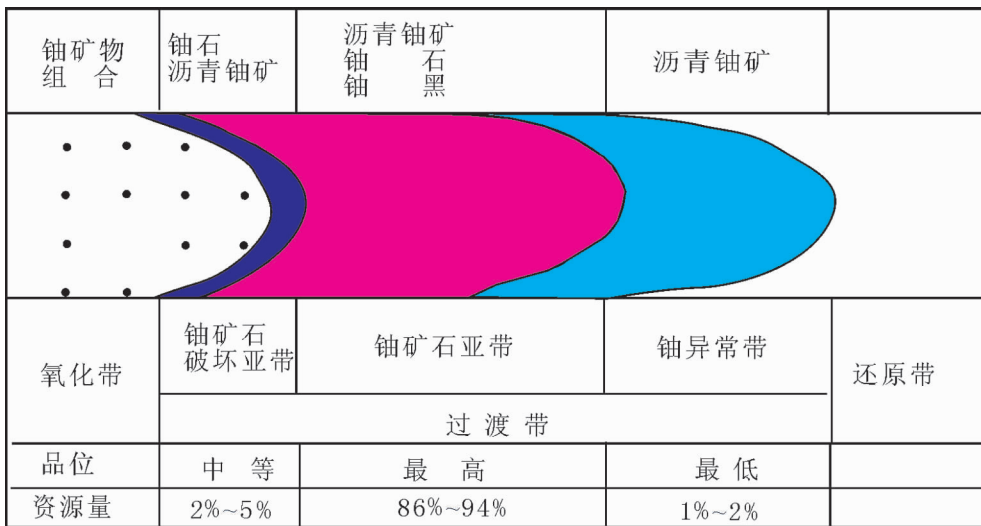


图 3 铀矿石矿物分带示意图
Fig.3 Schematic diagram showing zoning of uranium ore minerals

矿为主铀矿物沉淀下来。由于含氧地下水的持续氧化使得氧化-还原前锋向前推移，以前生成沥青铀矿又被氧化为 U^{6+} 进入层间水，致使矿石贫化，品位低，一般在 0.01%~0.05%。平米铀含量低(小于 3.25 kg/m²)。该带宽度很窄，铀矿物结晶程度较高，浸出相对困难。

铀矿石亚带：铀矿物主要为沥青铀矿和水沥青铀矿。先前被还原结晶的沥青铀矿，在层间水持续补给的作用下发生氧化水化，部分 U^{4+} 被氧化为 U^{6+} ， U^{6+} 的含量增加使沥青铀矿活化，同时 U^{6+} 在水化作用下生成水沥青铀矿，主要是相对较为稳定的四价铀矿物和部分的六价固相铀矿物发生沉淀，至矿卷中部，未被还原的 U^{6+} (液相) 在层间水(呈弱碱性)作用下发生水化反应，生成六价铀的氢氧化物，主要为

水沥青铀矿，并以胶体的方式沉淀下来，形成 U^{6+} (固相) 矿物。铀品位一般 0.08%~0.1%，铀矿物存在孔隙中，亦有部分分布在碎屑物表面、微孔隙及微裂隙中，呈细分散状。矿量占整个矿带的 60%~70%。

铀异常亚带：大部分的 U^{6+} 已形成固相铀矿物沉淀下来，层间水中 U^{6+} 含量已较低，由于此时层间水的氧化能力已几近为零，渗流的过程实际上是水中 U^{6+} 被还原的过程， U^{6+} 被还原为 U^{4+} 生成沥青铀矿。该带的铀矿物主要为沥青铀矿，铀含量为 0.003%~0.01%，孔隙铀为主，以分子或离子形式存在。该带在整个矿带中相对较宽，其宽度和含矿层岩石的原生还原能力有关，还原性强则 U^{6+} 很快被还原为 U^{4+} ，反之则形成宽泛的铀扩散晕。至此，层间含氧水所携带的绝大部分 U^{6+} (液相) 已形成固相的

四价和六价铀矿物发生沉淀,并在这一动态的转化过程中,不断滚动迁移,富集成矿^[8,10,13,14]。

5 结 论

由以上可以看出库捷尔太铀矿床层间氧化带与铀矿化关系密切:

层间氧化带大小,厚度及展布决定了铀矿化的品位和厚度,其尖灭线平面上蛇曲状、剖面上呈叠瓦状分布,铀矿体主要赋存于层间氧化带前锋线尖灭线附近的过渡带与弱氧化带中。变化趋势与之一致。矿体中的铀矿物主要为沥青铀矿,其次为铀石和再生铀黑,它们主要分布于粒度小于 0.074 mm 的矿石填隙物中,而最粗粒级的砾石、岩屑、石英晶屑基本不含铀矿物。沥青铀矿含氧系数为 2.41~2.59,平均值为 2.48,含氧系数较大,说明矿床中的沥青铀矿为后生形成的铀矿物。

层间氧化带分为强氧化亚带、中氧化亚带、弱氧化亚带、过渡带和原生岩石带,各带中岩矿特征、伴生元素和微量元素也各不相同。对铀矿化中的铀矿物和价态铀的分布也具有较强的控制作用。

层间氧化带是相对稳定的,随着构造运动的变化,其各亚带的特征及规模也随之发生改变,因此铀的富集也下是一成不变的,它具有富集-破坏-富集的动态变化特征。并不是所有的层间氧化带都有铀矿化产生,即使有其矿化幅度也不同,但没有层间氧化带发育的地方则不可能产生砂岩型铀矿床。因此可以说,层间氧化带是地浸砂岩型铀矿发育的必要条件之一。

参考文献 (References):

- [1] 王正邦. 国外地浸砂岩型铀矿地质发展现状与展望[J]. 铀矿地质, 2002, 18(1):9-21.
Wang Zhengbang. Current status and prospects of uranium geology developments of foreign in-situ leachable sandstone type uranium deposits [J]. Uranium Geol., 2002, 18 (1):9-21 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈戴生, 王瑞英, 李胜祥, 等. 伊犁盆地层间氧化带砂岩型铀矿成矿模式[M]. 北京:原子能出版社, 1997:1-12.
Chen Daisheng, Wang Ruiying, Li Shengxiang et al. The metallogenic model of the sandstone-type uranium deposits in interlayer oxidation zone in Yili basin [M]. Beijing:Atomic Energy Press, 1997:1-12 (in Chinese with English abstract).
- [3] 陈肇博, 李胜祥, 蔡煜琦, 等. 伊犁盆地地质演化与铀成矿规律[J]. 矿床地质, 2002, 21(sup.):849-852.
Chen Zhaobo, Li Shengxiang, Cai Yuqi, et al. Geologic evolution and uranium metallogenic regularity in Yili basin [J]. Mineral Deposits, 2002, 21(sup.):849-852(in Chinese with English abstract).
- [4] 秦明宽, 王正邦, 赵瑞全. 伊犁盆地 512 铀矿床粘土矿物特征与铀成矿作用 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(5): 508-512.
Qin Mingkuan, Wang Zhengbang, Zhao Ruiquan. Characteristics of clay minerals and their relationships with uranium mineralization in uranium deposit No. 512 [J]. Earth Science—J. China Univ. Geosci., 1998, 23(5): 508-512(in Chinese with English abstract).
- [5] 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]. 地质评论, 2002, 48(4):430-436.
Quan Zhigao, Li Zhanshuang. Geological characteristics and genesis of the Shihongtan sandstone type uranium deposit, Xinjiang [J]. Geol. Rev., 2002, 48 (4): 430-436 (in Chinese with English abstract).
- [6] 李胜祥, 陈戴生, 王瑞英, 等. 伊犁盆地层间氧化带砂岩型铀矿床控矿因素研究[J]. 矿床地质, 1998, 17(sup.):461-464.
Li Shengxiang, Chen Daisheng, Wang Ruiying, et al. Ore controls of the sandstone-type uranium deposits in interlayer oxidation zone in Yili basin [J]. Mineral Deposits, 1998, 17 (sup.):461-464 (in Chinese with English abstract).
- [7] 李细根, 黄以. 新疆伊犁盆地南缘层间氧化带发育特征及其与铀矿化的关系[J]. 铀矿地质, 2001, 17(3):137-144.
Li Xigen, Huang Yi. Development characteristics of interlayer oxidation zone and its relation to uranium mineralization at southern margin of Yili basin Xinjiang [J]. Uranium Geology, 2001, 17(3):137-144(in Chinese with English abstract).
- [8] 李细根. 伊犁盆地南缘乌库尔其矿区砂岩型铀矿化特征及控矿因素[J]. 铀矿地质, 2002, 18(1):28-35.
Li Xigen. Characteristics of sandstone-type uranium mineralization and ore-controlling factors in Wukuerqi ore district at southern margin of Yili basin, Xinjiang [J]. Uranium Geology, 2002, 18(1):28-35(in Chinese with English abstract).
- [9] 彭新建, 闵茂中, 王金平, 等. 层间氧化带砂岩型铀矿床的铁物相特征及其地球化学意义[J]. 地质学报, 2003, 77(1):120-125
Peng Xinjian, Min Maozhong, Wang Jinping, et al. Characteristics and geochemical significance of ferrum phases in interlayered oxidation zone sandstone type uranium deposit [J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(1):120-125 (in Chinese with English abstract).
- [10] 周巧生, 李占游. 吐哈盆地西南缘地浸砂岩型铀矿地质特征及找矿前景[J]. 中国地质, 2003, 30(2):186-191.
Zhou Qiaosheng, Li Zhanyou. Geological characteristics and oreprospects of underground leaching sandstone-type uranium deposits on the southwestern margin of the Turpan-Hami basin [J]. Geology in China, 2003, 30 (2):186-191 (in Chinese with English abstract).
- [11] 吴伯林, 徐高中, 李卫红, 等. 吐哈盆地地浸砂岩型铀矿成矿条件与盆地动力学演化[J]. 中国地质, 2004, 31(1):101-107.

- Wu Bolin, Xu Gaozhong, Li Weihong, et al. Metallogenic conditions of in-situ leachable sandstone-type uranium deposit and dynamic evolution of the Turpan-Hami basin [J]. *Geology in China*, 2004, 31(1):101-107(in Chinese with English abstract).
- [12] 韩效忠, 李胜祥, 郑恩玖, 等. 伊犁盆地新构造运动特征及其与铀成矿关系[J]. *新疆地质*, 2004, 22(4):378-381.
- Han Xiaozhong, Li Shengxiang, Zheng Enjiu, et al. Neotectonic activity characteristics of Yili basin and its relation to uranium mineralization [J]. *Xinjiang Geology*, 2004, 22(4):378-381 (in Chinese with English abstract).
- [13] 王果. 新疆造山-造盆作用与砂岩型铀成矿 [J]. *新疆地质*, 2002, 6(2):110-113.
- Wang Guo. Mountain-basin formation and sandstone-type uranium mineralization in Xinjiang [J]. *Xinjiang Geology*, 2002, 6(2):110-113(in Chinese with English abstract).
- [14] Min Maozhong, Xu Huifang, Barton L L, et al. Biomineralization of uranium: A simulated experiment and its significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, 79(1):134-138.

Characteristics of the interlayer oxidation zone and the Kujieertai uranium deposit in Yili Basin

WANG Jun, GENG Shu-fang

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Geology Sciences, Beijing 100037, China*)

Abstract: The Kujieertai uranium deposit (also known as No. 512 uranium deposit) is the first typical interlayer oxidation zone in-situ leachable sandstone-type uranium deposit in China. The morphology, size, grade and distribution of this ore deposit are all controlled by the interlayer oxidation zone, which spatially assumes overlapping, multilayer and zoning characteristics. The authors analyzed the distribution, zoning and rocks of the ore deposit as well as the distribution and portfolio features of uranium minerals and valence-state uranium with the purpose of further discovering the metallogenic mechanism of the in-situ leachable sandstone-type interlayer oxidation zones and enriching the theory of hydrogenous uranium deposits, which is of great value in search for this kind of uranium deposits.

Key words: Kujieertai uranium deposit; interlayer oxidation zone; in-situ leachable sandstone-type; Yili Basin

About the first author: WANG Jun, male, born in 1971, senior engineer, mainly engages in the study of regional geology and metallogenic regularity; E-mail: wj257@126.com.