

铀矿床, 地浸条件, 技术经济评价
朱新

第13卷 第3期
1997年 5月

铀 矿 地 质
Uranium Geology

Vol. 13 No. 3
May 1997

147-153

TD 868

512铀矿床地浸条件及技术经济评价

王保群

(西北地质局216大队 新疆乌鲁木齐 830011)

本文应用铀矿普查及地浸试验中获取的资料,对512矿床地质构造、矿石物质成份、矿床水文地质、工程地质及自然经济地理等地浸条件及矿床技术经济条件进行了分析评价,认为512矿床地浸条件较好,地浸技术指标适中,用酸法地浸开采具有耗酸量少、成本低、经济效益好的特点。在今后的开采中,若能解决伴生元素 Re, Se, Mo 的综合利用问题,将会大大提高矿床的经济价值。

关键词 地浸条件 技术经济评价

512铀矿床位于伊犁盆地西南缘,产于中下侏罗统水西沟群(J₁₋₂sh)中,属典型的层间氧化带砂岩型矿床。“八五”期间,已投入30000余米钻探工作量,对矿床及其外围进行探索、扩大,初步探明为一大型规模的铀矿床。目前该矿床酸法地浸开采试验已获成功,开始小规模试产。“九五”期间,将年产 U₃O₈ 100t。本文利用铀矿普查资料及矿山地浸试验资料,对512矿床地浸条件及矿床技术经济进行评价,目的在于为西北中新生代盆地砂岩型铀矿床地浸可行性及技术经济评价提供参考。

1 矿床地质概况

512矿床的赋矿层位——中下侏罗统水西沟群(J₁₋₂sh),为一套含煤地层,共含13层煤,其中以 M₅, M₉, M₁₀煤层最为稳定,作为区域地层对比的标志层。在剖面上,地层的沉积韵律变化十分明显,自下而上形成8个沉积旋迴。每个沉积旋迴均以砂砾岩或粗砂岩作为旋迴的开始,以泥岩、煤层等作为旋迴的结束。从下部旋迴到上部旋迴,砂砾岩、砂岩由多变少,岩石粒度逐渐变细,砂泥比值由大变小。各旋迴沉积特征在空间上的变化,反映出水西沟群沉积环境从早期近源冲积扇→中期河流三角洲→晚期辫状河流沉积环境的变化。

水西沟群各旋迴砂体中均发育层间氧化带,其中第1、第2和第5旋迴的层间氧化带中形成了工业铀矿化,构成512矿床的主体。砂岩型铀矿化完全受层间氧化带控制。在平面上,铀矿化集中分布在层间氧化带尖灭部位,组成3条近东西向的矿带,由南向北依次排列(见图1)。在剖面上,矿化主要分布在层间氧化带过渡带及氧化带上、下盘的灰色砂岩中,形成复杂卷状矿体。

王保群 男,41岁,1982年毕业于成都地质学院,现任高级工程师。

收稿日期1996年8月22日

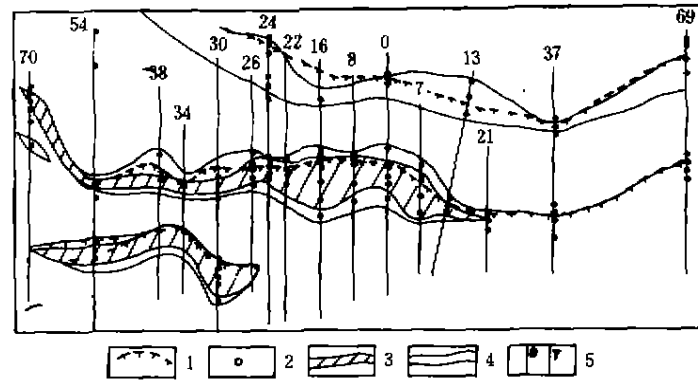


图1 512矿床铀矿带及层间氧化带平面分布图(1:40000)

Fig. 1 Plane showing the distribution of uranium ore-zones and interlayer oxidation zones in uranium deposit No. 512

1—层间氧化带前缘线;2—钻孔位置;3—工业矿带;4—表外矿化带;5—勘探线及编号。

矿体卷头宽50—100m,厚度5—6m,品位0.03%—0.1%。翼部矿体宽200—350m,单层矿体厚1—2m,品位0.01%—0.1%。矿床平均品位0.06%。矿体埋深170—230m。

矿石物质成份主要为石英、长石及硅质岩屑。长石的高岭土化强烈,使矿石表现为泥质胶结。富矿石中含有较丰富的有机炭及生物成因的黄铁矿。矿石中主要伴生元素有Se,Mo,Re,V等,其中Se,Mo,Re含量达到综合利用指标。铀的存在形式主要为微晶状沥青铀矿,其次为分散吸附状。

矿床属后生淋积成因。据牟长林、陈戴生等人研究,铀的成矿年龄为19—26Ma,表明成矿作用从渐新世开始,中新世为主要成矿期。

2 矿床地浸条件

2.1 矿床地质条件

2.1.1 含矿层产状

含矿层均为单斜岩层,向北缓倾斜,倾角 5° — 8° 。矿床内无断裂构造破坏。

2.1.2 赋矿沉积旋迴的岩石组合

第5旋迴岩石组合具泥-砂-泥结构,含矿砂体厚度15—25m,砂体呈板状,沿走向和倾向厚度比较稳定。含矿层顶、底板都有稳定的泥岩隔水层。第1,2旋迴的岩石组合具泥-砂-砾-泥结构,砂体呈透镜状,厚度变化较大,15—30m。砂体顶、底板都有泥岩、粉砂岩组成的隔水层。

2.1.3 矿石渗透性能

主要含矿含水层渗透系数为0.5—1.1m/d,属弱渗透性矿石。在含矿含水层内岩石粒度变化较大。在第5旋迴含矿层内,粗粒的砂岩段分布在下部,渗透系数0.6—1.1m/d,矿体主要分布在这层粗砂岩中。矿体之下为泥岩隔水层,渗透系数小于0.01m/d。矿体之上为中-细粒砂岩,渗透系数为0.1—0.5m/d。所以,矿石的渗透系数大于非矿石和围岩的渗透系数。

2.1.4 矿层规模

铀矿带长度 >1000 m,矿层厚度2—6m。矿化比较集中分布在砂体下部距底板10m以内的

粗砂岩中。矿层厚度与渗透岩石有效厚度之比 $>1/10$ 。矿层具有较高的产矿率,主要矿化地段产矿率 $>3\text{kg}/\text{m}^2$ 。

2.1.5 矿体埋藏深度

矿体埋藏浅、易开采。95%的铀矿体埋藏深度为170—230m,5%的铀矿体埋深250—350m。

2.2 矿石和围岩的物质成份

根据哈萨克斯坦沃尔科夫地质生产联合体中心实验室对512矿床矿石样品的分析,矿石样品在硫酸溶液中不溶解的成份主要有石英,其次为酸性火山岩角砾,含量占71%—82%。难溶解的组份主要有长石、高岭土、有机质、水云母等,总量占16%—25%。能溶解的矿物组份有铀矿物、碳酸盐、褐铁矿、金属硫化物,总量为1%—2%。其中对酸法地浸开采极为不利的碳酸盐含量 $<0.3\%$ 。铀矿物主要为极易溶于酸的微晶质沥青铀矿和以分散吸附状态存在的铀。而难溶于酸的铀的复杂氧化物和铀的硅酸盐矿物极少。在粘土矿物中不存在容易引起孔隙堵塞的蒙脱石。因此矿石物质成份很适合于用酸法开采。

2.3 矿床水文地质参数

含矿含水层具承压性质,承压水头高146—200m,水质类型为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{Ca} \cdot \text{Na} \cdot \text{Mg}$,矿化度为0.14—0.63g/L,地下水埋深43—81.91m,水流方向 14° — 346° ,水力梯度为0.03,pH为7—8。据施志韬等人测定,在铀矿带 Eh 为 -25 — -80mV ,在弱氧化亚带为0—80mV,在中强氧化亚带为100—200mV。

2.4 矿床工程地质条件

矿区水西沟群按其成份和工程性质可分为上、下隔水层和含矿砂岩层。

隔水层按其可塑性($M_p=5.4$)基本属于亚沙土,少数为砂质粘土。比重为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$,容重为 $2.01\text{g}/\text{cm}^3$,属于致密、坚硬的岩石,不易膨胀、塌陷。

含矿砂岩层属紧密—中等紧密堆积的砂层,含水饱和系数为0.9—1.27,属于饱和水型岩石。按干燥状态下砂层与水中砂层自然边坡角之间的差距,大部分具有流沙性质($>2^\circ$)。

按照以上物理—机械性质参数,水西沟群总体上属于比较稳定的岩石类型。

2.5 矿区自然地理条件

矿区内地势平坦,相对高差不超过50m。地表植被不甚发育。矿区内无大的沟谷切割,所以地表施工和作业十分方便。

矿区内交通十分方便,有直接通往察布查尔县的简易公路。便道四通八达,车辆可随时开往任何施工现场。

矿区能源供给充足,目前已安装了容量为2087kW 的动力和照明线路。燃料供应也很方便,矿区以东有几处地方开办的小煤窑可保证长年供给。

矿区工业用水取自库捷尔太沟上游水井中的第四系潜水。但由于上游人、畜污染严重,水质较差,矿化度较高,不宜饮用。生活用水主要取自矿区西侧的洪海沟河水。该河为常年性河流,流量大、污染小,为当地农牧民生活用水水源地。

3 矿床技术经济评价

3.1 主要技术经济指标

3.1.1 室内渗滤试验参数特征

根据哈萨克斯坦沃尔科夫地质生产联合体专家在512矿床所做的室内地浸渗滤试验,得出矿石中铀的回采率(ϵ)、单位金属铀耗酸量(z)、单位矿石耗酸量(R)与液固比(f)的关系(见图2-4)。从图中可以看出,在 H_2SO_4 溶剂初始浓度和渗透速度一定的条件下,液固比(f)达到2.5时,铀的提取率(ϵ)可达65%—90%,平均为80%。在液固比(f)达到1.5时,除1个样品外,其余3个样品吨矿石硫酸消耗(R)趋于平稳,为3.5—5kg/t。在液固比(f)为1—3时,单位金属铀耗酸量(z)最小。

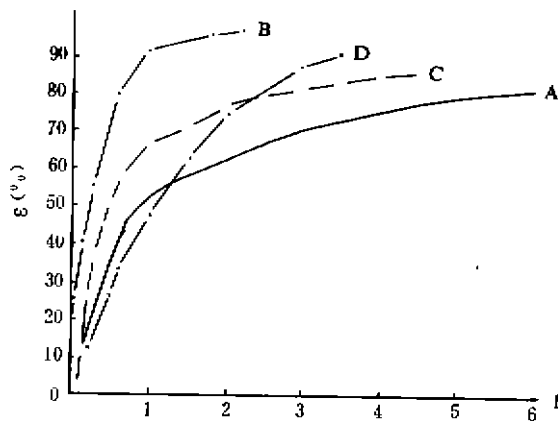


图2 铀提取率(ϵ)与液固比(f)关系曲线图(据737地浸队)

Fig. 2 Diagram showing the relationship between uranium extraction rate (ϵ) and liquid-solid ratio (f)

A——工艺样, $C_k=9.99g/L, V_p=0.1m/a$; B——工艺样, $C_k=9.99g/L, V_p=0.1m/a$;
C——工艺样, $C_k=10.07g/L, V_p=0.2m/a$; D——工艺样, $C_k=4.97g/L, V_p=0.1m/a$ 。

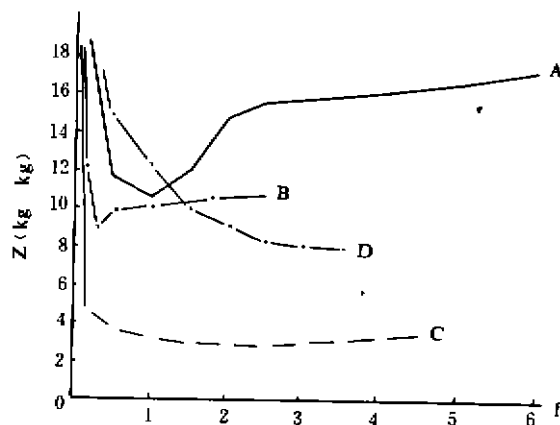


图3 单位金属铀耗酸量(z)与液固比(f)关系曲线图(据737地浸队)

Fig. 3 Diagram showing the relationship between sulphuric acid consumption per kilogram (z) and liquid-solid ratio (f)

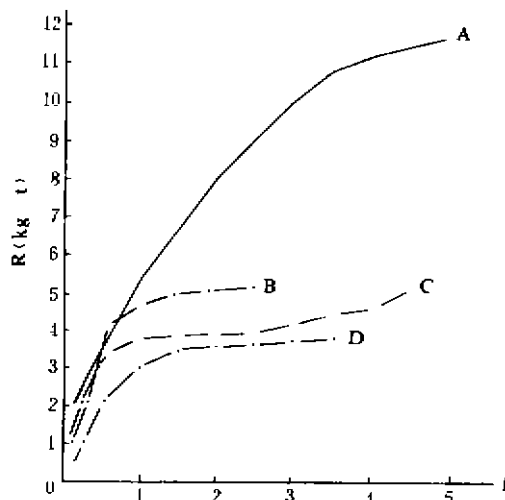


图4 单位矿石耗酸量(R)与液固比(f)关系曲线图(据737地浸队)

Fig. 4 Diagram showing the relationship between sulphuric acid consumption per ton (R) and liquid-solid ratio (f)

3.1.2 矿山地浸开采设计主要技术经济指标

根据矿山地浸开采工程设计,矿床主要技术经济指标见表1。由表1可知,在产品液浓度(CCP)为50mg/L时,年产 U_3O_8 73.34t,吨金属氧化物成本为17.97万元,年均利润403.784万元。如果产品液中铀浓度能进一步提高,经济效益还会随之大幅度提高。

表1 512矿床地浸开采设计主要技术经济指标

Table 1 Main technological and economic indexes designed for the in-situ leaching mining of deposit No. 512

序号	指标名称	单位	指标	序号	指标名称	单位	指标
1	原地浸出率	%	75	9	吨金属成本	万元	17.97
2	抽注孔比		1:2	10	年均利润	万元	403.784
3	吨金属耗酸	t	60	11	年均投资利润率	%	8.5
4	吨金属耗双氧水	t	3	12	借款偿还期	a	6.6
5	年产 U_3O_8	t	73.34	13	投资回收期	a	8.7
6	项目总投资	万元	4683.58	14	财务内部收益率	%	12.5
7	年销售收入	万元	1721.96	15	净现值	万元	1434.31
8	年均销售成本	万元	1318.176	16	服务年限	a	45

3.1.3 地浸生产过程中的主要技术经济指标

根据1995年1—7月份主要生产指标(见表2),在液固比(f)为2时,产品液中平均铀浓度为61.22mg/L;铀的提取率(ϵ)为75%;单位金属铀耗酸量(z)为1:45。通过对吨金属原材料消耗及费用的计算(见表3),生产每吨 U_3O_8 产品消耗的费用为73812.127元,加上其它各项费用,生产每吨 U_3O_8 产品的成本为15.38万元。

表2 1995年1—7月主要生产指标

Table 2 Main production indexes during the period from Jan. 1995 to July 1995

项目	1	2	3	4	5	6	7
H ₂ SO ₄ (t)	65.25	72.95	262	192	81.37	128	106.7
H ₂ O ₂ (t)	3.05	1.89	5.16	5.94	3.92	2.83	3.23
NaCl(t)	9.14	16.99	18.48	9.57	4.22	9.25	10.36
NaOH(t)	1.65	2.86	5.39	1.86	1.54	2.51	1.41
U ₃ O ₈ (t)	1.751	1.33	1.298	2.476	4	4.659	4.343
产品液中铀含量(g/L)	68.01	62.75	50.06	57.1	66.13	60.18	60.3
产品品位(%)	47.58	47.58	48.96	52.16	52.68	52.68	52.56

注:据737地浸队。

表3 吨金属铀产品原料消耗一览表

Table 3 Consumption of raw material for producing every tonnage of uranium metal

序号	原料名称	单位	单价(元)	单耗(t)	吨耗费用(元)
1	H ₂ SO ₄	t	680	45.7	31096.4
2	H ₂ O ₂	t	3360	1.31	4401.6
3	NaOH	t	2671	0.867	2315.76
4	NaCl	t	400	3.928	1571.2
5	Na ₂ SO ₄	t	900	5.594	5034.6
6	石灰(40%)	t	250	7.503	1875.75
7	树脂	t	30000	0.118	3540
8	滤布	m	1	3000	3000
9	钻探	m	200	104.88	20976

3.2 矿床经济评价

综上所述,512矿床矿山建设的内、外部条件好,各项技术经济指标证明矿床适合于酸法地浸开采,并能获得较好的经济效益,且有一定的抗风险能力。目前地浸采铀的关键技术已经掌握,如果在地浸采铀过程中伴生元素 Mo, Re, Se 的提取工艺技术问题也能得到解决,同时进一步改进地浸工艺,加强管理,将会大大提高矿床的经济效益。

本文编写过程中,得到了西北地质局203研究所魏观辉高级工程师(研究员级)的指导,在此深表谢意。

IN-SITU LEACHING CONDITIONS AND TECHNICAL-ECONOMICAL APPRAISAL OF URANIUM DEPOSIT NO. 512

Wang Baoqun

(Geological Party No. 216, Northwest Bureau of Geology, Urumqi, Xinjiang, 830011)

Abstract

Using the data obtained from uranium prospecting and in-situ leaching mining experiments, this paper analyzes geologic structures, ore composition, hydrogeology, engineering geology, natural economy and geography and other in-situ leaching conditions of uranium deposit No. 512, and appraises the technologic and economical conditions of the deposit. The author concludes that in-situ leaching conditions of the deposit are favourable with fair in-situ leaching technological index, and acid in-situ leaching mining will yield less acid consumption, low cost and high economic benefits. If the problem of comprehensive recovery of Re, Se, Mo and other associated elements can be resolved in the future mining, the economic value of the deposit will be greatly increased.

Key words In-situ leaching condition, Technological-economic appraisal

可地浸卷状砂岩型铀矿地球化学分带的形成机理

卷状砂岩型铀矿床的最大特征——具有独特的地球化学分带性。形成这种独特的地球化学分带的基本条件是:有能够允许卷锋溶液循环的可渗透性容矿岩石存在;有能够使卷锋溶液中活动铀固定下来的化学圈闭或物理化学圈闭的存在。

机理1:当含氧携铀的卷锋溶液经过主岩时,主岩中的金属被渐进的“冲浪”式淋滤与侵蚀。从氧化一侧的主岩到还原一方的主岩,淋滤与侵蚀作用逐步增强,最后导致铀与其他重金属元素以有序方式呈卷壳状景观产出。

机理2:在氧化-还原界面,硫随细菌提供的某种特定的“驱动力”(类似于物理学中的“原电池”),对所到达界面区段的重金属起“宏观调控”作用。室内实验表明,细菌细胞壁中的配位体对重金属的吸附富集作用有一定的顺序。

机理3:在不少可地浸卷状砂岩型铀矿床中发现,虽然缺乏或几乎没有硫的存在,但含有过量的腐殖酸盐。这种大分子量的有机酸的螯合作用产物,对具有不同金属电动势的重金属元素的络合作用遵循一定的有序“原则”。腐殖酸盐一方面对氧化-还原作用起缓慢催化作用,另一方面使各种重金属元素“有序”地固定与富集起来。

谈成龙供稿