新疆某矿石快速酸耗的台阶型特征及其影响

程 威[1],霍建党[1],李建华[1],阙为民[1],陈箭光[2],陈 立[2]

(1. 核工业北京化工冶金研究院,北京 101149;
2. 新疆中核天山铀业有限公司,新疆 伊宁 835000)

摘要:某矿床Ⅶ旋回适合采用低浓度硫酸浸出,矿石搅拌浸出试验表明快速酸耗随浸出剂酸浓度升高呈台阶型特征分布,酸耗台阶型特征与铀浸出率和矿物溶蚀的阶段变化相对应,高酸耗台阶可导致 $CaSO_4$ 沉淀。酸耗台阶对应的酸浓度范围可指导矿床酸化阶段、正式浸出阶段的注液酸浓度选择,并防止矿层渗透性变差。通过现场试验进一步验证了该注液酸浓度范围的界定方法。

关键词:酸法地浸;酸耗;酸浓度;$CaSO_4$

中图分类号:TL212.12 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-8063(2023)02-0026-08

DOI:10.13426/j.cnki.yky.2022.11.03

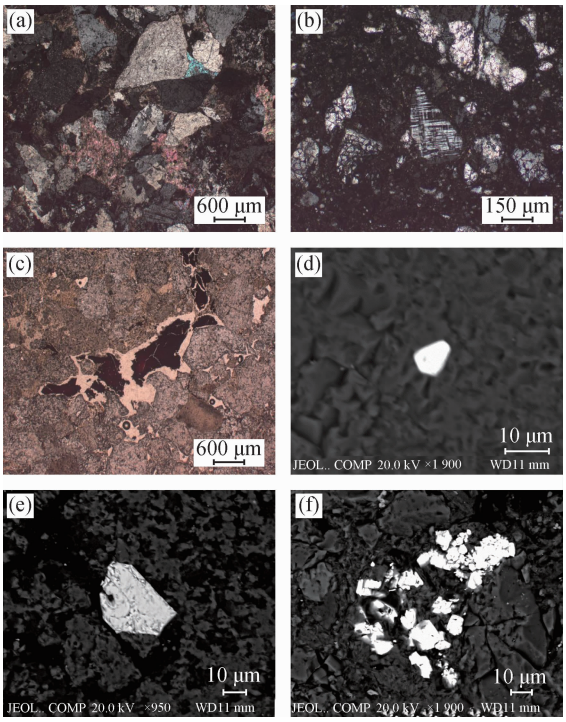
在酸法地浸采铀过程中,酸化周期、浸出液铀浓度、抽液量与注液酸浓度相关[1]。如果酸化时注液酸浓度较低,则抽出液 pH 或余酸浓度达到酸化终点所需时间过长。由于地下水稀释扩散作用,当注液酸浓度过低时,余酸无法达到适宜值,浸出率低,浸出液铀浓度低。低渗透性矿床在进行酸法地浸时,提高注液酸浓度,一般会出现抽液量先增大、后降低的趋势;如果酸度增加过高、过快,易形成矿层堵塞,造成抽液量迅速下降[2]。因此,注液酸浓度是影响矿床酸法地浸开采的重要因素之一[3]。

某铀矿床Ⅶ旋回适宜酸法地浸开采,矿石酸耗低,浸出酸度较低,酸化过程注液酸浓度提高过快会导致抽液量快速下降[4]。对矿石长期酸耗研究显示,酸耗快速攀升期一般在 1~2 d。为精确界定浸出过程各阶段注液酸浓度范围,保证矿床的正常酸化、铀浸出率和抽注过程矿床渗透性,笔者进行了该铀矿床Ⅶ旋回矿石快速酸耗特征研究,并分析了其对浸出剂酸浓度选择的影响。

1 矿床矿物和水文地质特征

该旋回矿石中铀矿物主要为沥青铀矿、铀石及少量钛铀矿,颗粒细小(多为 1~10 μm),发育于硅酸盐矿物的裂隙及边缘,常与黄铁矿伴生。

矿石取自洪海沟扩大试验区,取样深度为 620~645 m。岩芯的光薄片鉴定见图 1(a)~(c),电子探针的显微观察见图 1(d)~(f),矿石化学组成见表 1。



(a)石英(灰白色)、蚀变的长石及方解石胶结物(鲜艳色);(b)长石(白色);(c)黄铁矿(深色);(d)石英颗粒中的沥青铀矿;(e)造岩矿物空隙中的锆石;(f)造岩矿物空隙中的独居石。

图 1 岩芯矿物及含铀矿物的显微观察

Fig. 1 Microscopic observation of core minerals and uranium minerals

收稿日期:2022-11-12

第一作者简介:程威(1979—),男,河南郑州人,学士,高级工程师,主要从事铀矿地浸技术研究。

表 1　矿石化学组成

Table 1　Chemical composition of ores　　%

组分	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Fe_2O_3	MgO	TiO_2	CaO	Na_2O	SO_3
质量分数	71.04	19.97	4.29	0.88	0.48	0.45	0.29	0.20	0.15
组分	U	BaO	SeO_2	P_2O_5	V_2O_5	Cl	ZrO_2	WO_3	Rb_2O
质量分数	0.096	0.05	0.04	0.04	0.022	0.022	0.021	0.018	0.015
组分	SrO	ZnO	PbO	NiO	Y_2O_3	U(Ⅵ)	CO_2	Fe(Ⅱ)	
质量分数	0.007	0.005	0.005	0.003	0.001	0.036	<0.1	<0.1	

由表 1 可看出，该矿石 U 品位为 0.096%，其中还原性的 U(Ⅳ)占比为 62.5%。矿石的主要特征元素为 U、Ca、Al、Fe 等，其中 Al_2O_3 质量分数接近 20%。该砂岩型矿床碳酸钙的含量较低(以 CO_2 形式表现)，适合酸浸。

该旋回含矿含水层厚度适中，渗透系数为 0.17～0.47 m/d，含矿层岩性以中、粗砂为主，适宜地浸开采，含矿含水层涌水量较大，最大水位埋深约 128 m。试验区段矿层水接近中性，其基本组成见表 2。可以看出，矿层水存在微量铀元素，其中 $\rho(CO_3^{2-})$ 低于检测限，$\rho(HCO_3^-)$ 为 254 mg/L，$\rho(SO_4^{2-})$为 147 mg/L。

表 2　矿层水基本组成

Table 2　Basic composition of formation water　　mg/L

组分	U	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	Ca	Al	Fe	SO_4^{2-}
质量浓度	0.054	<0.1	254	25	58.4	<0.02	<0.02	147

2　研究方法

在实验室对矿石样品进行研究，探明酸法地浸的影响因素[5]，并通过现场试验进行验证。

基本耗酸量测定：取 50 g 矿石(表 1)置于 200 mL 烧杯中，加入 100 mL 蒸馏水，滴加 0.1 g/mL的硫酸溶液，连续监测溶液 pH，至 pH 不再回升为止。记录滴定终点 pH 及滴入的硫酸溶液体积，计算矿石基本耗酸量。

酸法搅拌浸出试验：取 50 g 浸出矿石、250 mL不同酸浓度的硫酸溶液置于 500 mL 锥形瓶中，加入 0.5 g/L H_2O_2，室温、常压下于摇床上振荡浸出 48 h。测定浸出液 pH、*Eh*、浸出液和浸出渣中铀及其他特征离子含量，计算浸出率和酸耗。

常压酸法柱浸试验：在 DN26 mm 的透明亚克力柱中装填自然粒度矿石，形成 1 m 高的矿石柱，用砾石填充矿石柱的两端以保持浸出过程矿层稳定；采用高位槽和蠕动泵，以下进液方式注入浸出剂，浸出液流量约为 0.1 BV/d。收集浸出液并测定浸出液体积、pH、*Eh*、U、特征离子浓度。当浸出液铀质量浓度低于 10 mg/L 时，柱浸结束。

3　快速酸耗的台阶型特征

根据前期试验结果，浸出初始酸浓度为 3～8 g/L时，2 d 酸耗为 6.95～7.50 kg/t 矿，5 d 酸耗为 7.2～7.3 kg/t 矿，表明矿石酸耗不高，慢酸耗物质不多。

3.1　铀浸出率、酸耗和特征离子溶出情况

为了考察铀浸出率、酸耗和特征离子溶出情况，根据现场浸出剂酸浓度配制误差(约 0.5 g/L)细化浸出剂酸浓度，搅拌浸出试验结果见表 3。可以看出，浸出剂酸浓度为 1.5～2.3 g/L 时，铀浸出率为 60%～68%；浸出剂酸浓度为3.6 g/L 时，铀浸出率达 97%；浸出剂酸浓度为 3.6～7.6 g/L时，铀浸出率超过 90%，且酸耗相差不大，表明该矿石低酸浸出可行性良好。

表 3 酸法搅拌浸出试验结果

Table 3 Results of acid agitation leaching test

浸出剂酸浓度/(g·L^{-1})	浸出液				酸耗/(kg·t^{-1}矿)	渣品位/%	浸出率/%
	pH	*Eh*/mV	余酸/(g·L^{-1})	ρ(U)/(mg·L^{-1})			
0	6.77	231	0	27.5	0.0	0.084	14.3
1.5	2.05	427	1.2	224.1	1.3	0.039	60.5
2.3	1.89	493	1.9	241.2	1.9	0.031	68.4
3.2	1.93	440	2.0	199.5	6.2	0.031	68.5
3.6	1.60	578	2.3	202.6	6.5	0.002	97.6
4.1	1.51	563	2.7	221.0	7.4	0.004	95.1
4.5	1.50	525	3.0	228.7	7.5	0.004	95.7
5.1	1.44	545	3.4	236.4	8.8	0.002	97.7
6.0	1.43	536	4.7	233.3	6.2	0.001	98.8
7.6	1.27	514	6.4	236.4	6.0	0.001	98.8
8.0	1.26	532	5.0	218.0	15.1	0.004	95.7
10.1	1.22	498	7.2	211.8	14.3	0.004	96.1
15.6	1.08	474	11.9	213.5	18.6	0.005	94.8
31.0	0.79	472	23.2	202.6	38.8	0.006	94.2

3.2 浸出剂初始酸浓度、铀浸出率、矿石酸耗关系

搅拌浸出试验中浸出剂初始酸浓度、铀浸出率、矿石酸耗关系见图 2。

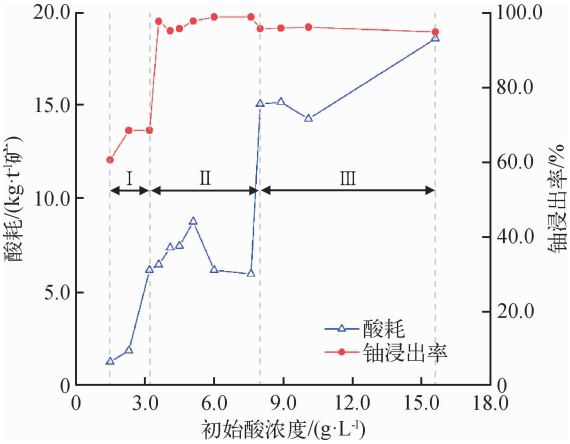


图 2 搅拌浸出试验浸出剂初始酸浓度、铀浸出率、矿石酸耗关系

Fig. 2 Relationship of initial acid concentration of leaching agent, uranium leaching rate and acid consumption of ore in agitation leaching test

由图 2 可看出，矿石存在 3 个阶梯型的快速酸耗台阶：1）台阶Ⅰ。浸出剂酸浓度为 1.5～2.3 g/L时，酸耗为 1.3～1.9 kg/t 矿，此时余酸浓度为 1.2～1.9 g/L，矿石中铀部分溶出。2）台阶Ⅱ。浸出剂酸浓度为 3.2～7.6 g/L 时，酸耗为 6.2～8.8 kg/t 矿，此时余酸浓度为 2.0～6.4 g/L，矿石中铀基本完全溶出。3）台阶Ⅲ。浸出剂酸浓度为 8.0～10.1 g/L 时，酸耗为 14.3～15.2 kg/t 矿，此时浸出液铀浓度不再增长，酸耗、余酸均较高。

4 酸耗特征对浸出剂酸浓度选择的影响

对矿石快速酸耗形成的各台阶进行分析，在现场试验时，可以对各阶段的注液酸浓度的选择进行指导。

4.1 台阶Ⅰ——快速耗酸的酸化阶段

在铀正式浸出前，矿石酸化可使浸出区矿层整体 pH 降低（低于铀沉淀 pH），防止铀在迁移过程中随 pH 的变化与杂质离子发生共沉淀；同时酸化过程可降低正式浸出时酸耗，并减少杂质离子溶出。

处于快速酸耗台阶Ⅰ时，矿石在该余酸和 pH 条件下溶蚀程度较低，能保证溶液中的 Ca、Fe、U 等不沉淀，适宜于矿层酸化阶段。矿石的基本耗酸曲线见图 3。

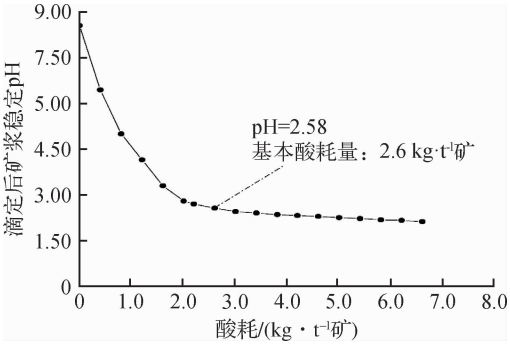


图 3　矿石基本酸耗曲线

Fig. 3　Basic acid consumption curve of ore

由图 3 可看出，浸出矿石基本酸耗终点 pH 为 2.58，表明大部分极易耗酸的物质在此前已反应。基本酸耗终点 pH 低于 U 沉淀 pH，所以矿石酸化目标 pH 以 2.60 为宜。由于滴定用酸浓度较高，基本酸耗测定值（2.6 kg/t 矿）略超出快速酸耗台阶Ⅰ的酸耗范围。

根据基本酸耗量测定得到的酸化目标（pH＝2.60），通过柱浸试验研究酸化过程，采用各酸耗台阶代表性的酸浓度进行试验，统计酸化终点时的参数，结果见表 4。

表 4　柱浸酸化终点

Table 4　Acidification end point of column leaching

酸化酸浓度/（g·L^{-1}）	pH	液固体积质量比/（L·kg^{-1}）	酸耗/（kg·t^{-1}矿）	ρ(U)/（mg·L^{-1}）	ρ(Ca^{2+})/（mg·L^{-1}）
2.3	2.57	1.4	2.18	518.8	96.7
4.1	2.43	1.0	1.93	899.5	105.0
10.1	2.22	0.7	2.06	1 215.7	140.0

由表 4 可看出，随硫酸浓度升高，酸化周期缩短，酸化终点铀浓度升高，增加了铀沉淀风险。同时酸浓度从 4.1 g/L 提高至 10.1 g/L 时，Ca 溶出量提升了 40%，不利于后续降低 Ca 累积。以 2.3 g/L硫酸作为浸出剂时，酸化终点铀浓度较低，搅拌浸出酸耗处于酸耗台阶Ⅰ。根据酸耗台阶范围，酸化阶段酸浓度宜为 1.5～2.3 g/L。

4.2　台阶Ⅱ——高效浸出

从酸耗台阶Ⅰ和Ⅱ中分别选择 2.3 g/L 和 4.1 g/L 作为浸出剂酸浓度进行柱浸试验，试验情况见表 5 和图 4。

表 5　浸出剂酸浓度柱浸条件试验结果

Table 5　Experimental results of leaching agent acid concentration in column leaching

浸出剂酸浓度/（g·L^{-1}）	浸出结束						
	pH	*Eh*/mV	余酸/（g·L^{-1}）	ρ(U)/（mg·L^{-1}）	液固体积质量比/（L·kg^{-1}）	酸耗/（kg·t^{-1}矿）	铀浸出率/%
2.3	1.71	441	2.08	3.1	6.2	6.2	98.1
4.1	1.35	406	3.21	8.6	3.7	6.3	97.6

从表 5 和图 4 可知，浸出剂酸浓度为 4.1 g/L 时，浸出周期较短（累计液固体积质量比较小），进一步验证了酸耗台阶Ⅱ代表性酸浓度的浸出效率优于酸耗台阶Ⅰ。二者浸出终点酸耗基本一致，铀浸出率均较高，基本实现完全浸出，这表明该部分酸耗为铀完全浸出的必要酸耗。

考虑到实际矿层浸出过程中酸的反应和运移速度，以及扩散稀释作用，浸出时浸出剂的酸浓度应尽量采用酸耗台阶Ⅱ中的较高浓度，先快速提高浸出液余酸到适宜值；然后逐步降低浸出剂酸浓度至酸耗台阶Ⅱ中的较低浓度，维持余酸即可。

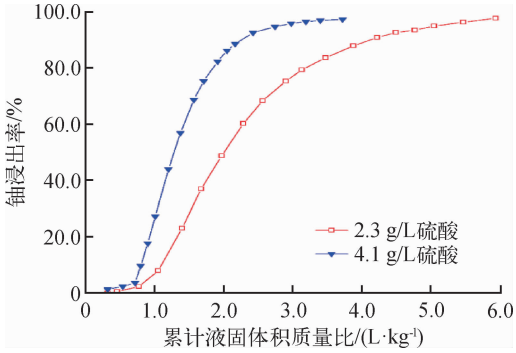


图 4 柱浸铀浸出率与累计液固体积质量比关系

Fig. 4 Relationship between uranium leaching rate and cumulative liquid-solid ratio in column leaching

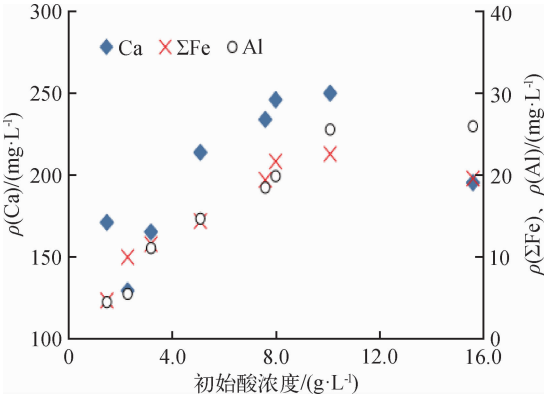


图 5 搅拌浸出试验浸出液 Ca、Fe 和 Al 浓度与浸出剂酸度关系

Fig. 5 Relationship between ρ(Ca), ρ(Fe) and ρ(Al) in leaching solution and acid concentration of leaching agent in agitation leaching test

根据以上原则，正式浸出时浸出剂酸浓度先采用 7.6 g/L 左右，待浸出液余酸浓度提高到 2.3 g/L左右时，再逐步降低浸出剂酸度至余酸稳定。

4.3 台阶Ⅲ——堵塞风险加剧

目标矿石耗酸物质主要为含有 Ca、Mg、Al、Fe 的矿物，当矿层水 pH 处于浸出液 pH 范围内时，Ca、Mg 的氢氧化物基本无法存在。地浸过程中金属元素迁移速度远快于 H^+ 的迁移速度，在酸化期 U、Al、Fe 从地层中溶解迁移到高 pH 区域，可能发生沉淀反应[6]。$Fe(OH)_2$ 开始沉淀的 pH 偏中性，$Fe(OH)_3$ 开始沉淀的 pH 大于 1.5，$Al(OH)_3$ 开始沉淀的 pH 在 3～4[7-8]。在酸化及浸出初期，主要存在 U、Fe^{3+} 和 Al^{3+} 的临时性氢氧化物沉淀。Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 可生成 $CaSO_4$ 难溶物，存在溶解-沉淀平衡。搅拌浸出试验浸出剂酸浓度-特征离子关系见图 5。

由图 5 可看出，在酸耗台阶Ⅰ和Ⅱ对应的浸出剂酸浓度浸出时，Ca、Fe 浓度增长；在台阶Ⅲ及以上，Ca、Fe 浓度不再增长，其溶出受到抑制。由于台阶Ⅲ处浸出液的 pH 均小于 1.5，Fe 的氢氧化物无法存在于矿石和浸出液的接触面，且矿石中的 Fe 含量和浸出液中 Fe 浓度较低，由此推断矿石和浸出液接触面的难溶解特征离子化合物主要为 $CaSO_4$。

不同浸出剂酸浓度的柱浸元素溶出量见表 6。可以看出，Al 元素的溶出量与浸出剂酸浓度和酸耗正相关；而 Ca、Fe 元素的溶出量，在浸出剂酸浓度 10.1 g/L 时均低于前一级酸浓度下该元素的溶出量，与搅拌浸出试验表现基本一致。这体现了随着 Ca 的迁移，其累积浓度提高，$CaSO_4$ 离子积达到溶度积，抑制了 Ca 的溶出。

表 6 浸出剂酸浓度对柱浸元素溶出量的影响

Table 6 Effect of acid concentration of leaching agent on column leaching element dissolution amount

浸出剂酸浓度/(g·L⁻¹)	累计液固体积质量比/(L·kg⁻¹)	酸耗/(kg·t⁻¹矿)	元素溶出量/(mg·kg⁻¹矿)				矿石中元素溶出比例/%			
			Ca	Al	Fe	Mg	Ca	Al	Fe	Mg
2.3	3.0	5.2	447.6	39.6	101.1	442.5	21.9	0.037	1.6	15.3
4.1	3.0	5.6	910.1	45.9	128.9	531.0	44.6	0.043	2.1	18.4
10.1	3.0	12.6	575.2	51.4	124.5	648.0	28.2	0.049	2.0	22.4

矿石和浸出液接触面的难溶解特征离子化合物(主要为 $CaSO_4$)，一方面通过包裹抑制 U 和其他离子溶出；另一方面可能在运移过程中沉淀堵塞矿层，造成抽注液量下降。难溶物溶度积常数仅与温度相关，当溶液中难溶物离子积达到溶度积时，难溶物将会发生沉淀。搅拌浸出试验中

$CaSO_4$ 离子积(K)的计算公式[9-10]为

$$K=c(SO_4^{2-})\times c(Ca^{2+}),$$

式中：$c(SO_4^{2-})$—SO_4^{2-} 浓度，mol/L；$c(Ca^{2+})$—Ca^{2+} 浓度，mol/L。

根据特征离子溶出表现，浸出剂酸浓度小于 10.1 g/L，Ca^{2+} 浓度随酸浓度提高而增大；浸出剂酸浓度大于 10.1 g/L 时，继续提高酸度，SO_4^{2-} 浓度提高，Ca^{2+} 浓度降低，表明产生了 $CaSO_4$ 沉淀。根据搅拌浸出 SO_4^{2-} 与 Ca^{2+} 浓度变化计算，$CaSO_4$ 溶度积约为 6.18×10^{-4}。3 种酸度条件下，柱浸试验结束时的 $CaSO_4$ 离子积见表 7。

表 7　柱浸试验结束时浸出液的 $CaSO_4$ 离子积

Table 7　$CaSO_4$ ionic product of leaching solution at the end of column leaching test

浸出剂酸浓度/(g·L^{-1})	pH	$c(Ca^{2+})$/(mol·L^{-1})	$c(SO_4^{2-})$/(mol·L^{-1})	K
2.3	1.71	0.005 5	0.023	1.27×10^{-4}
4.1	1.35	0.005 1	0.042	2.14×10^{-4}
10.1	1.15	0.006 1	0.102	6.22×10^{-4}

由表 7 可看出，柱浸试验结束时，在浸出剂酸浓度为 10.1 g/L 条件下，柱浸浸出液中的 $CaSO_4$ 离子积为 6.22×10^{-4}，已达到溶度积，并发生沉淀。与表 6 中 Ca 溶出量降低结果一致。

5　现场验证试验结果

采用 1# 抽注单元进行现场试验分析和验证。该抽注单元基本情况见表 8，平均平米铀量为 11.1 kgU/m^2。

5.1　铀浓度、浸出剂酸浓度与余酸的关系

从铀浓度浸出曲线(图 6)可以看出，经过约 600 d 浸出，目前仍处于铀的快速浸出阶段。余酸随着浸出剂酸浓度提升而逐渐提升，浸出剂酸浓度从 7.0～7.5 g/L 提至 9.0～9.5 g/L 时，由于围岩消耗和稀释作用，余酸浓度在 3.5 g/L 左右波动。此时调低浸出剂酸浓度至 4.0～6.0 g/L 后，余酸浓度维持在 2.0～3.0 g/L。试验表明，低酸浓度浸出时酸耗低，而铀浓度能够长时间维持高位运行，此时浸出效率较高，这与低酸浓度浸出适用性和酸耗台阶-铀浸出关系研究结论基本吻合。

表 8　1# 抽注单元参数

Table 8　1# pumping unit parameters

孔号	钻孔类型	顶板/m	底板/m	含矿含水层有效厚度/m	矿层厚度/m	铀品位/%	平米铀量/(kgU·m^{-2})
Z-1	注液孔	−636.3	−651.0	14.7	4.7	0.183	18.6
Z-2	注液孔	−636.5	−647.9	11.4	2.1	0.310	11.9
C-1	抽液孔	−635.3	−650.5	12.0	7.1	0.055	7.4
Z-9	注液孔	−634.8	−651.2	13.4	5.0	0.092	8.7
Z-10	注液孔	−637.2	−653.6	7.1	3.9	0.149	11.1

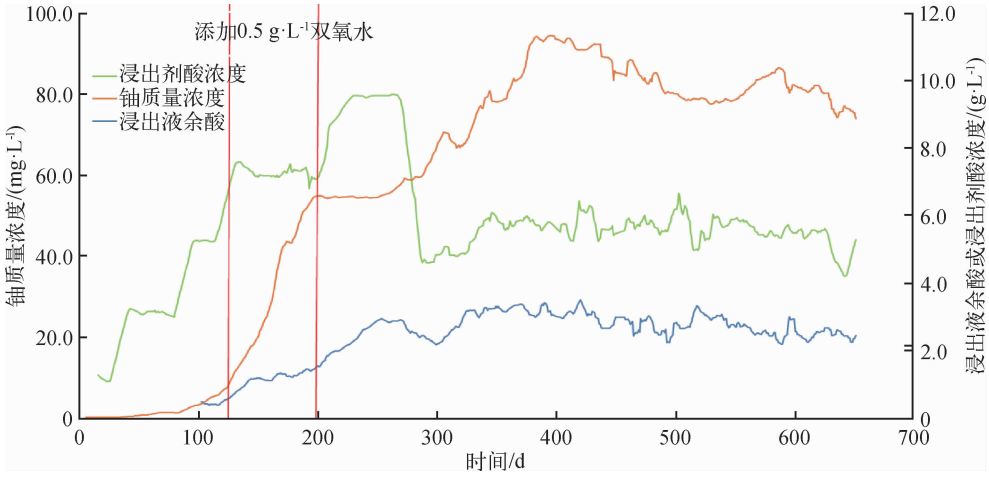


图 6　浸出液铀质量浓度、浸出液余酸、浸出剂酸浓度随浸出时间的变化

Fig. 6　Change of uranium concentration, leaching solution residual acid and leaching agent acid concentration with leaching time

5.2 $CaSO_4$离子积与抽液量关系

现场试验浸出液$CaSO_4$离子积与抽液量的变化趋势见图 7。可以看出，浸出 0～150 d 时，Ca^{2+}与SO_4^{2-}浓度同时提高，$CaSO_4$离子积较低，抽液量基本平稳(5.0～6.0 m^3/h)；随浸出时间增加，$CaSO_4$离子积升至4×10^{-4}～7×10^{-4}，此时抽液量下降至 4.0～5.0 m^3/h；浸出液离子积继续升高，抽液量基本降至 4.0 m^3/h 以下。在 450～600 d 浸出过程中，浸出液离子积降低，抑制$CaSO_4$沉淀。随浸出继续进行和其他矿物的溶蚀，抽液量恢复至 5.0 m^3/h 以上。

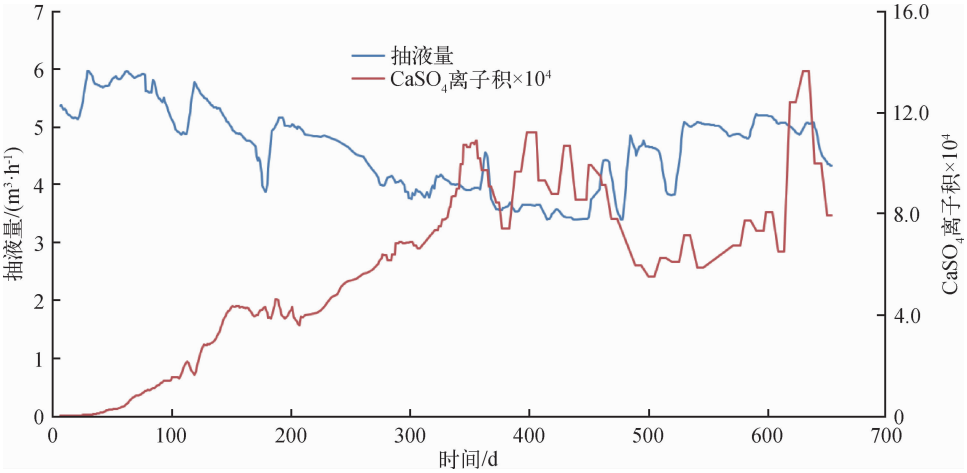


图 7 抽液量与$CaSO_4$离子积的关系

Fig. 7 Relationship between pumping volume and $CaSO_4$ ion product

6 结论

某铀矿床Ⅶ旋回矿石快速酸耗随浸出剂酸浓度提高呈台阶型分布，其中酸耗台阶Ⅰ对应的浸出剂酸浓度范围适用于矿床酸化阶段；酸耗台阶Ⅱ对应的浸出剂酸浓度范围适用于正式浸出阶段；进入酸耗台阶Ⅲ，$CaSO_4$沉淀造成抽液量下降。研究结果可指导现场浸出全过程及注液酸浓度的选择。

参考文献：

[1] 王海峰，叶善东. 原地浸出采铀工程技术[M]. 北京：中国原子能出版社，2011.

[2] 姚益轩，葛加明，苏学斌，等. 新疆某矿床酸法地浸采铀现场试验[J]. 铀矿冶，2004，23(3)：119-124.

[3] 李坡，刘国宏，段柏山，等. 新疆某矿床酸耗高、浸出液铀浓度低的原因分析[J]. 铀矿冶，2018，37(1)：26-31.

[4] 陈梅芳，花明，阳奕汉，等. 酸法地浸采铀浸出剂的减量化控制与应用[J]. 中国矿业，2019，28(3)：124-128.

[5] 王海峰. 原地浸出采铀技术与实践[M]. 北京：中国原子能出版社，1998.

[6] 阙为民，谭亚辉，曾毅君，等. 原地浸出采铀反应动力学和物质运移[M]. 北京：中国原子能出版社，2002：4.

[7] 闻振乾，姚益轩，牛玉清，等. 酸法地浸采铀过程中杂质离子的沉淀及对铀沉淀的影响[J]. 铀矿冶，2015，34(3)：171-177.

[8] HAYNES W M，LIDE D R，BRUNO T J. Handbook of Chemistry and Physics[M]. London：Taylor & Francis Group，2014-2015.

[9] 黄群英. 某砂岩铀矿酸法地浸溶质运移与酸化进程分析[J]. 有色金属(冶炼部分)，2015(6)：50-54.

[10] 黄群英，周义朋，刘科，等. 某砂铀矿地浸单元酸浸初期溶质运移与溶液渗流关系[J]. 有色金属(冶炼部分)，2017(6)：24-27＋31.

Step Characteristics of Rapid Acid Consumption of Xinjiang Uranium Ore and its Influence

CHENG Wei[1], HUO Jiandang[1], LI Jianhua[1], QUE Weimin[1], CHEN Jianguang[2], CHEN Li[2]

(1. Beijing Research Institute of Chemical Engineering and Metallurgy, CNNC, Beijing 101149, China;
2. Xinjiang Tianshan Uranium Co., Ltd., CNNC, Yining 835000, China)

Abstract: The cycle Ⅶ of a deposit is suitable for low sulfuric acid concentration leaching. The rapid acid consumption obtained from the ore agitation leaching test is characterized by step with the increase of acid concentration of leaching agent. The change of uranium leaching rate and mineral dissolution corresponds to acid consumption step characteristics. High acid consumption step can cause $CaSO_4$ precipitate. The corresponding acid concentration of each acid consumption step respectively guides the selection of acid concentration of leaching agent for acidification stage, formal leaching stage, and prevent the lower permeability of ore bed. The method of definition the acid concentration range of the liquid injection was further verified by field test.

Key words: acid in-situ leaching; acid consumption; acid concentration; $CaSO_4$