

纳米比亚某低品位铀矿石拌酸制粒柱浸试验研究

刘 洋¹, 张杰伟¹, 唐文生¹, 胡 南², 张 辉², 丁德馨²

(1. 中广核铀业发展有限公司, 北京 100029;

2. 南华大学铀矿冶生物技术国防重点学科实验室, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 以纳米比亚某低品位铀矿石为研究对象, 通过系统柱浸试验, 优化了堆浸工艺参数。矿石特性分析表明: 该铀矿石中高耗酸脉石矿物含量高, 四价铀占比达 68%, 主要铀矿物为易浸晶质铀矿与水硅铀矿; 细粒级铀富集显著, 破碎至 -8 mm 后, -0.425 mm 的细粒级占比达 15.09%, 其铀品位达 0.032%。由于细粒级质量分数高, 直接堆浸时渗透性差, 须进行拌酸制粒预处理。通过柱浸试验确定了最佳工艺参数: 喷淋强度 $20\text{ L}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 、堆高 9 m、拌酸量 $20\text{ kg}/\text{t}$ 、粘结剂 $125\text{ g}/\text{t}$ 、浸出剂初始酸质量浓度 $100\text{ g}/\text{L}$ 。在此优化条件下, 矿石浸出周期缩短至 55 d, 铀浸出率提升至 80%。本研究成果对同类低品位细粒级的铀资源开发具有启示意义。

关键词: 低品位铀矿; 拌酸制粒; 柱浸; 堆浸

中图分类号: TL212.1; TD868 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-8063(2026)02-0041-08

DOI: 10.13426/j.cnki.yky.2025.08.10

低品位铀矿石的经济高效采冶, 是当前铀资源开发利用的关键方向。目前, 纳米比亚某铀矿堆积超过 2 000 万吨的低品位铀矿资源(平均铀品位约 0.02%)^[1-2]。因其铀品位低, 采用常规搅拌浸出工艺成本高, 难以实现工业化应用。为高效利用此类资源, 研发新型水冶技术刻不容缓。

国内铀矿冶行业历经数十年发展, 堆浸工艺已成为硬岩型铀矿石提铀的主体技术, 是从低品位铀矿石中经济回收铀的有效方法^[3-5]。然而, 对于破碎后 -0.5 mm 细粒级占比高于 10% 的矿石, 其渗透性显著降低, 导致浸出周期延长、浸出率下降, 不宜直接采用堆浸工艺。矿石制粒可使细颗粒团聚, 是改善高细粒级矿石渗透性的有效途径^[6]。其中, 拌酸量与粘结剂用量是影响制粒效果的关键参数^[7]。前期通过搅拌浸出试验、小型柱浸试验及渗透性试验, 初步摸清了氧化剂和铁的加入对浸出的影响, 并明确了拌酸制粒堆浸条件、矿石粒度等参数, 表明纳米比亚某低品位铀矿石采用规模化堆浸提铀技术具备一定可行性^[8-10]。

铀矿石堆浸过程涉及渗流、化学反应、传质等物理化学作用, 是一个复杂的动态体系^[11-13]。喷

淋强度、矿堆高度、拌酸量、矿石粒度、浸出剂初始酸质量浓度, 以及矿石铀品位及矿石中的矿物组成和铀的存在形式等, 均显著影响浸出周期与铀浸出率^[14]。前期小型柱浸试验确定的最佳矿石粒度为 -8 mm 。为优化堆浸工艺性能, 进而提升浸出率、缩短浸出周期, 亟需系统研究并确定喷淋强度、矿堆高度、拌酸量等关键工艺参数。

为此, 以纳米比亚某低品位铀矿石为对象, 系统分析其化学组成、矿物组成及粒度分布特征。在此基础上, 采用柱浸模拟试验方法, 重点考察喷淋强度、装柱高度、拌酸量、浸出剂初始酸质量浓度等参数对铀浸出率及浸出周期的影响规律, 并对不同品位矿石进行了柱浸验证试验, 以查明在矿石品位降低时, 柱浸的效果, 旨在为该铀矿规模化堆浸工艺的设计与优化提供科学依据。

1 试验部分

1.1 试验矿石

试验采用的铀矿石来自纳米比亚某铀矿山, 其矿石构成主要为白岗岩型铀矿石, 多元素组成分析和矿物组成分析由南华大学铀矿冶生物技术国防重点学科实验室完成。

收稿日期: 2025-08-22; 修回日期: 2025-10-20

通信作者: 丁德馨

1.1.1 化学组成

将铀矿石破磨缩分得到的粒径低于 0.074 mm 的样品进行分析,试验样品各组分质量分数见表 1。可以看出,该矿石化学成分主要有 SiO₂、Al₂O₃、K₂O、Fe₂O₃、CaO 和 MgO。矿石中 SiO₂ 质量分数最高,达 65.26%;其次为 Al₂O₃,质量分数为 12.88%。SiO₂ 主要以石英矿物存

在,结构较稳定,浸出过程中很难与溶浸液反应溶解;K₂O、Fe₂O₃、CaO 和 MgO 等耗酸矿物的化学组成均高于 2%,S 元素未检出,表明该矿石在浸出过程中酸耗较大。矿石中铀品位为 0.025%,属于低品位铀矿石,矿石中含有 U(Ⅳ)和 U(Ⅵ)铀化合物,且 U(Ⅳ)的质量分数高达 68%,表明矿石在浸出过程中需要添加氧化剂。

表 1 样品各组分质量分数
Table 1 Chemical composition of the sample

U	U(Ⅳ)	U(Ⅵ)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	BaO	LOI
0.025	0.017	0.008	65.26	12.88	4.815	4.432	3.415	3.035	1.962	0.568	0.095	0.075	0.050	2.586

1.1.2 矿物组成

试验样品主要矿物组成见表 2。可以看出,矿石中脉石矿物为石英、钾长石、钠长石、绿泥石和白云母等,石英和长石质量分数相对较高,黏土

矿物质量分数相对较低,柱浸过程中可以保持一定的渗透性。含铀矿物中铀主要以晶质铀矿、水硅铀矿形式存在,并含少量钛铀矿,浸出性能相对较好。

表 2 试验样品主要矿物组成
Table 2 Main mineral composition of the sample

晶质铀矿	水硅铀矿	钛铀矿	石英	钾长石	钠长石	绿泥石	白云母	黑云母	辉石	角闪石	方解石
0.029	0.011	0.003	28.52	25.80	17.55	7.52	6.50	6.05	3.50	2.51	2.05

1.1.3 矿石粒级筛析

将用于试验的矿石破碎至粒径为—8 mm,缩分出 8 000 g 做为筛析样品,矿样筛析结果见表 3。可以看出,该矿石样品对应的 6 种粒级分布不均衡,矿石质量随不同粒级的分布曲线呈“U”形变化趋势。其中,大粒级 3.35~<6.30 mm 和 6.30~<8.00 mm 矿石样品的质量分数相对较高,分别为 21.46% 和 20.80%;而中间粒级 1.18~<1.70 mm 的矿石样品质量分数最低,仅为 7.6%;细粒级 0~<0.425mm 的矿石质量分数高达 15.09%。该研究结果与文献[13]³⁷⁸⁶报道的强风化强氧化型砂岩铀矿石破碎后不同粒级的质量分布规律相似,表明该矿石破碎后不同粒级的质量分布符合一般规律。矿石经破碎至—8 mm 后,细粒径的粉矿多,易导致矿堆渗透性变差。因此,进行制粒后再堆浸。

本矿石铀品位分布与粒级关系的变化趋势与矿石质量分布变化趋势相似,均呈“U”形变化趋势,高品位铀矿石主要集中在 0~<0.425 mm 细粒级范围内,铀品位高达 0.032%;随后铀品位随着粒级增大而降低,3.35~<6.30 mm 粒级范围

内,样品铀品位最低,仅为 0.019%;当粒级进一步增大至 6.30~<8.00 mm 范围内时,铀品位上升到 0.024%。该结果与强风化强氧化型砂岩铀矿石的铀品位随粒级分布结果相反^{[13]3787}。该矿石细粒级铀品位相对较高,选择浸出工艺参数时,细粒级矿石的浸出率应充分考虑。

表 3 试验样品的粒级筛析结果
Table 3 Particle size distribution of the uranium ore sample

粒级/mm	质量/g	质量 分数/%	累计质量 分数/%	铀品 位/%
0~<0.425	1 207	15.09	15.09	0.032
0.425~<1.18	1 339	16.74	31.83	0.025
1.18~<1.70	608	7.60	39.43	0.026
1.70~<3.35	1 465	18.31	57.74	0.023
3.35~<6.30	1 717	21.46	79.20	0.019
6.30~<8.00	1 664	20.80	100.00	0.024

1.2 试验试剂及设备

主要试剂:H₂SO₄,衡阳市凯信化工试剂股份

有限公司;U₃O₈,湖北实兴化工有限公司;均为分析纯。

试验仪器:AL104 型电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;ICP-5000 型电感耦合等离子体发射光谱仪,聚光科技股份有限公司;HQ430D 型 pH 计,美国哈希公司;Smartlab SE4 型 X 射线衍射仪,日本理学公司。

柱浸试验装置:由课题组自行设计,柱高 9 m,直径 250 mm。

1.3 试验方法

1.3.1 拌酸制粒与装柱

将破碎至—8 mm 的矿石样品进行拌酸制粒。拌酸制粒在水泥搅拌机内完成,在 250 L 搅拌机中按一定比例加入矿石样品、浓硫酸和氧化剂(按 1 kg/t 比例加入 H₂ O₂),在搅拌速度 25 r/min条件下,缓慢搅拌,混合均匀;再加入预混 4 h 的水和粘结剂组成的凝聚液,同时加快搅拌速度(35 r/min),混合 1 min,完成矿石样品的拌酸制粒。将拌酸制粒后的样品装入样品袋中,进行称重和记录;然后用吊装工具将矿石样品从浸出柱顶部放到每个柱子中,先放至柱底,然后向上提升 1 m,启动出料插销将矿石样品卸至柱中。采用

此方法填柱,直到矿石堆积高度达到要求,试验柱的内径为 250 mm,柱浸试验装置见图 1。本试验的装柱方法可较好地模拟堆场皮带筑堆实际情况。

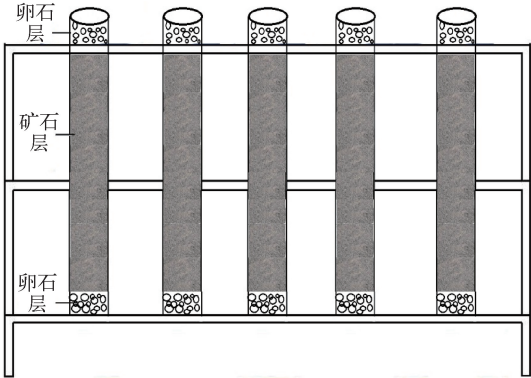


图 1 柱浸试验装置
Fig. 1 Column leaching test apparatus

1.3.2 柱浸试验

共设计了 14 组柱浸试验(表 4),分别研究喷淋强度、装柱高度、拌酸量、粘结剂用量、浸出剂初始酸质量浓度和铀品位等参数对浸出率和浸出周期的影响。

表 4 柱浸试验条件
Table 4 Conditions for the column leaching experiments

编号	喷淋强度/ [L/(m ² ·h)]	装柱高度/m	拌酸量/(kg/t)	粘结剂用 量/(g/t)	浸出剂初始 酸质量浓度/(g/L)	铀品位/ (mg/kg)
1	10	9.0	15	75	100	250
2	15	9.0	15	75	100	250
3	20	9.0	15	75	100	250
4	20	4.0	15	75	100	250
5	20	6.0	15	75	100	250
6	20	9.0	15	75	100	250
7	20	9.0	15	75	100	250
8	20	9.0	20	125	100	250
9	20	9.0	20	125	15	250
10	20	9.0	20	125	50	250
11	20	9.0	20	125	100	250
12	20	9.0	20	125	100	150
13	20	9.0	20	125	100	200
14	20	9.0	20	125	100	250

1.4 浸出率计算

浸出液铀浓度采用三氯化钛还原/钒酸铵氧化滴定法测定,铀的浸出率计算公式

$$R_1 = \frac{\sum n(C \times V)}{M} \times 100\%,$$

式中:R₁为 n 天的累计浸出率,%;n 表示累计浸

出天数, d ; C 为浸出液铀质量浓度, mg/L ; V 为浸出液体积, L ; M 为样品中铀的总质量, mg 。

在计算矿石样品的最终浸出率时, 采用渣计浸出率, 其计算公式为

$$R_2 = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%,$$

式中: R_2 为最终浸出率, %; M_1 为样品中铀的总质量, kg ; M_2 为渣样中铀的总质量, kg 。

2 结果与讨论

2.1 喷淋强度的影响

在装柱高度 9 m、浸出剂初始酸质量浓度 100 g/L 、矿石铀品位 250 mg/kg 、拌酸量 15 kg/t 、粘结剂用量 75 g/t 条件下, 喷淋强度对浸出液铀质量浓度和铀浸出率的影响见图 2~图 3。可以看出, 随着喷淋强度的增大, 浸出液铀质量浓度虽有所降低, 但铀浸出率明显上升; 当喷淋强度为 20 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 时, 浸出率达 81.51%。当喷淋强度超过 20 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 后存在积液风险, 且堆比重有所增大, 导致堆渗透性下降。考虑到后续大型工业化试验和生产中可能存在的问题, 喷淋强度以不高于 20 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 为宜。

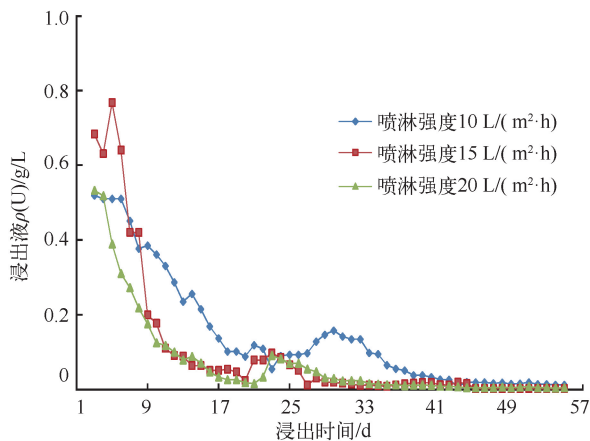


图2 不同喷淋强度下浸出液铀质量浓度随时间变化
Fig. 2 Variation of uranium mass concentration with time under different irrigation rate

2.2 矿堆高度的影响

在喷淋强度 20 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、浸出剂初始酸质量浓度 100 g/L 、矿石铀品位 250 mg/kg 、拌酸量 15 kg/t 、粘结剂用量 75 g/t 条件下, 当矿堆高度为 4、6、9 m 时, 其酸耗分别为 61.49、55.14、58.15 kg/t 。酸耗主要与矿石的物化

特性相关, 与矿堆高度无显著相关性。矿堆高度对浸出液铀质量浓度和浸出率的影响见图 4~图 5。可以看出, 堆高增高, 浸出液的铀质量浓度升高, 在浸出的初始阶段, 堆高越高, 浸出率越低; 但在浸出后期, 矿堆高度对浸出率的影响减缓, 当达到一定的喷淋时间后, 浸出率趋近。矿堆高度为 9 m 的试验柱, 在喷淋时间 55 d 时, 铀浸出率达 84.78%, 与矿堆高度为 4 m 的试验柱, 其浸出率接近。在试验过程中, 矿堆高度为 6 m 的试验柱, 其浸出率略低于 4 m 和 9 m, 可能主要与矿石的物化特性有关。

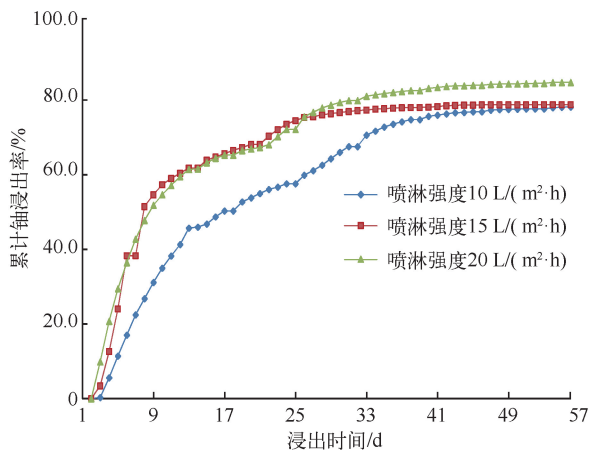


图3 不同喷淋强度下浸出率随时间变化
Fig. 3 Variation of extraction rate with time at different irrigation rate

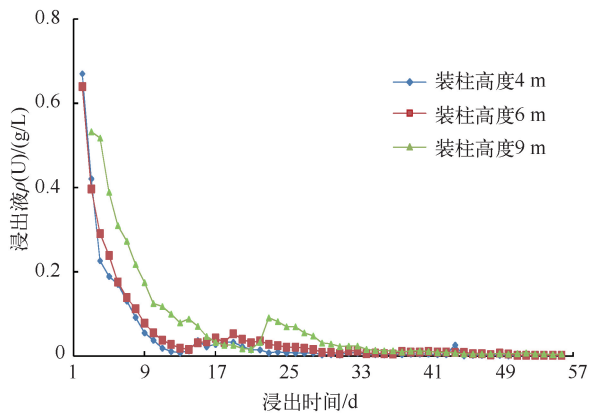


图4 不同矿堆高度下浸出液铀质量浓度随时间变化
Fig. 4 Variation of uranium mass concentration with time at different heap heights

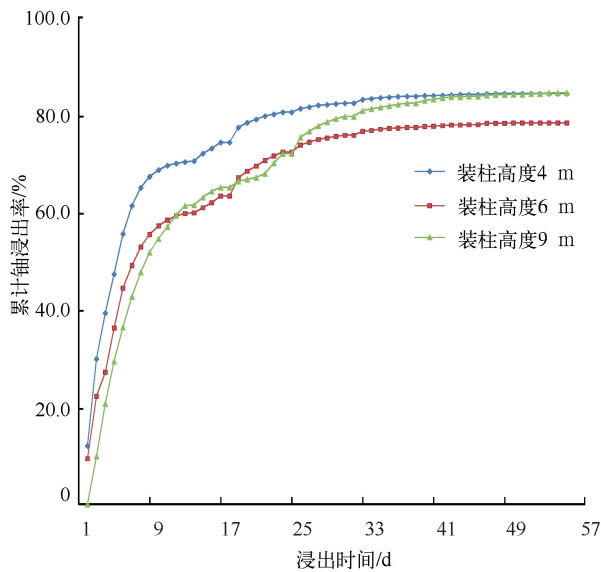


图5 不同矿堆高度下堆浸出率随时间变化

Fig. 5 Variation of extraction rate with time at different heap heights

2.3 制粒酸用量和粘结剂用量的影响

在装柱高度 9 m、喷淋强度 $20 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、浸出剂初始酸质量浓度 100 g/L 、矿石铀品位 250 mg/kg 、条件下,拌酸量和粘结剂用量对浸出液铀质量浓度和铀浸出率的影响见图 6~图 7。在进行喷淋强度和矿堆高度影响试验时,制粒过程硫酸加入量 15 kg/t 、粘结剂用量 75 g/t 的组合,卸柱时发现部分浸出柱存在明显的制粒胶结矿石离散现象,离散矿石可能会造成矿堆堵塞。因此,增大了酸用量和粘结剂用量,选择了制粒酸用量 20 kg/t 、粘结剂用量 125 g/t 的组合。可以看出,提高酸用量和粘结剂用量后,在浸出前期,浸出液铀质量浓度的峰值提高,最终的浸出率也略高。

2.4 浸出剂初始酸质量浓度的影响

在装柱高度 9 m、喷淋强度 $20 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、矿石铀品位 250 mg/kg 、拌酸量 20 kg/t 、粘结剂用量 125 g/t 条件下,浸出剂初始酸质量浓度对堆浸浸出液铀质量浓度和浸出率的影响见图 8~图 9。可以看出,不同的浸出剂初始酸质量浓度,所得到的浸出液铀质量浓度曲线较为相近。当初始酸质量浓度较低时,初始浸出液的 pH 较高,出现结垢引起积液,导致浸出率降低;随着浸出剂初始酸质量浓度的提高,铀浸出率上升。浸出剂初始酸质量浓度分别为 100 、 50 和 15 g/L 时,酸耗分别为

56.33 、 62.33 和 36.3 kg/t ;初始酸质量浓度为 15 g/L 时,酸耗显著降低。但考虑浸出率是主要的考核指标,后续的半工业试验将选择 100 、 50 g/L 的初始酸质量浓度。

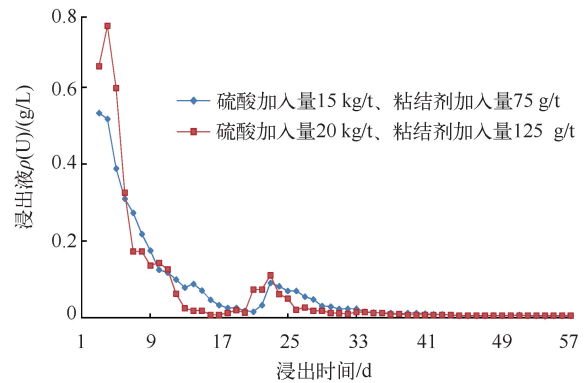


图6 不同拌酸量和粘结剂用量下浸出液铀质量浓度随时间变化

Fig. 6 Variation of uranium mass concentration with time at different mixing acid dosages and binder dosages

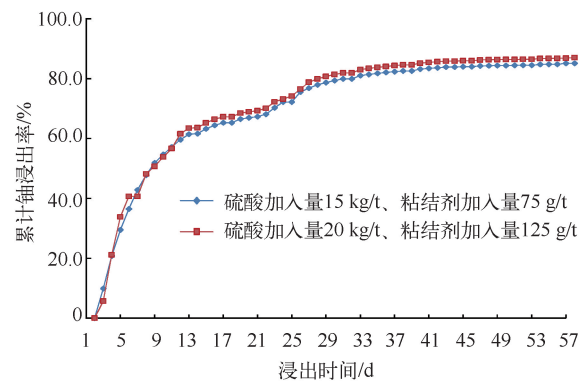


图7 不同拌酸量和粘结剂用量下浸出率随时间变化

Fig. 7 Variation of extraction rate with time at different mixing acid dosages and binder dosages

2.5 不同品位矿石柱浸验证试验

在装柱高度 9 m、喷淋强度 $20 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、浸出剂初始酸质量浓度 100 g/L 、拌酸量 20 kg/t 、粘结剂用量 125 g/t 条件下,对不同品位矿石进行柱浸验证试验,以查明在矿石品位降低时,对柱浸效果的影响。采用不同铀品位的矿石样品进行配矿,获得试验所需的铀品位矿样,不同铀品位矿石浸出效果见图 10~图 11。可以看出,随着铀品位的提高,浸出液的铀质量浓度和浸出率均有所提高,在 37 d 的浸出周期内,铀品位 250 mg/kg 铀

矿石的浸出率均可达80%,浸出效果较好。

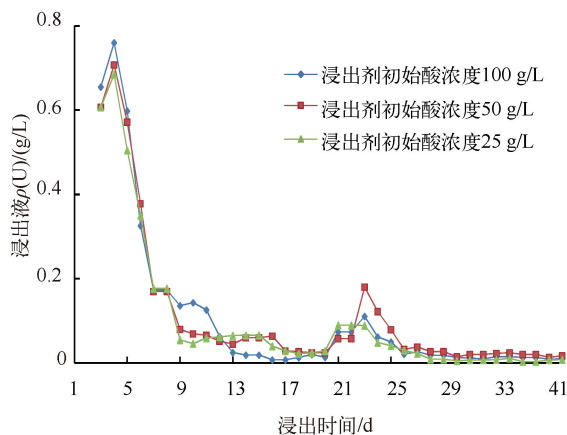


图8 不同浸出剂初始酸质量浓度下浸出液铀质量浓度随时间变化

Fig. 8 Variation of uranium mass concentration with time at different initial acid mass concentration of leaching agent

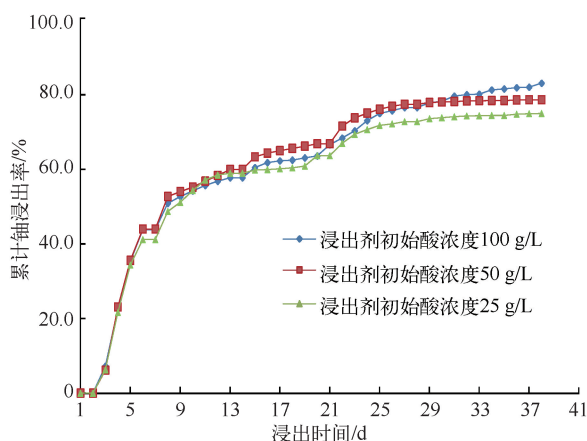


图9 不同浸出剂初始酸质量浓度下浸出率随时间变化
Fig. 9 Variation of extraction rate with time at different initial acid mass concentration of leaching agent

柱浸试验结果表明,纳米比亚某铀矿在较短的浸出时间内达到了较高的浸出率。在浸出初期(10 d左右),铀浸出率迅速上升,可达50%。表明铀矿石中金属铀与硫酸快速发生了化学反应,并通过对流扩散运移到浸出液中;浸出前期矿石颗粒表面、孔裂隙内表面以及矿石表层里赋存的铀矿物易发生接触式化学反应,且物质扩散和运移的通道短、速率大^{[13]3788}。浸出中后期(13~15 d后),浸出率随浸出时间的变化较平缓。导致该过程的主要原因是耗酸矿物溶解后,在铀矿石

的表面形成阻隔膜,抑制了硫酸与矿石内部铀的反应;同时使物质扩散和迁移的通道变窄、路径延长,导致扩散动力不足,阻力变大^{[13]3790}。

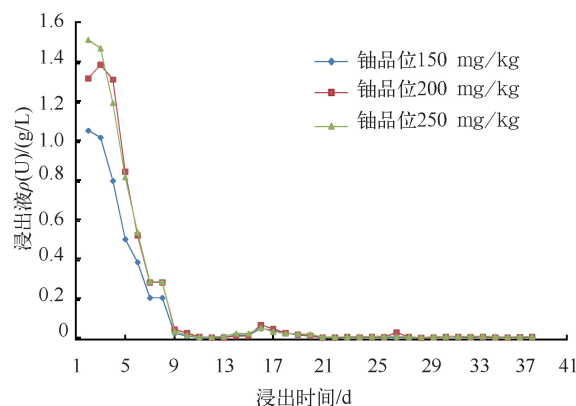


图10 不同品位铀矿石浸出液铀质量浓度随时间变化
Fig. 10 Variation of uranium mass concentration with time at different ore grades

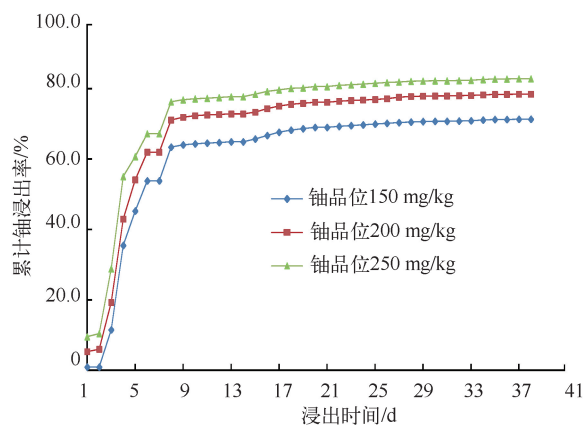


图11 不同品位铀矿石浸出率随时间变化
Fig. 11 Variation of extraction rate with time at different ore grades

3 结论

1) 试验用矿石铀品位低、耗酸矿物含量较高,四价铀占比高。该铀矿石破碎至-8 mm后,细粒级(-0.425 mm)的矿石占比为15.09%。该铀矿石破碎后直接堆浸,可能导致矿堆渗透性能变差,因此制粒后再进行堆浸。

2) 基于实验室系统的柱浸条件试验,确定了较理想的半工业试验堆浸工艺参数:喷淋强度20 L/(m²·h),矿堆高度9 m,制粒酸用量20 kg/t,粘结剂用量125 g/t,浸出剂初始酸质量浓度

100 g/L。在此优化条件下,该矿石可以在较短时间内达到较高的浸出率。

参考文献:

- [1] 刘洋,王坤坤,韩雪涛,等.纳米比亚湖山铀矿含硅矿物溶浸试验[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2025,43(2):158-160.
LIU Yang, WANG Kunkun, HAN Xuetao, et al. Dissolution test of silicate minerals in Husab uranium mine in Namibia [J]. Journal of Jiamusi University: Natural Science Edition, 2025, 43(2): 158-160.
- [2] 徐楷,廖志权,胡寅秋.纳米比亚湖山铀矿床E类白岗岩岩石学及地球化学特征[J].化工矿地质,2024,46(2):132-140.
XU Kai, LIAO Zhiqian, HU Yingqiu, et al. Petrological and geochemical characteristics of E-type alaskite in the Husab uranium deposit in Namibia [J]. Geology of Chemical Minerals, 2024, 46(2): 132-140.
- [3] KUHAR L L, BUNNEY K, JACKSON M, et al. Assessment of amenability of sandstone-hosted uranium deposit for in-situ recovery [J]. Hydrometallurgy, 2018, 179: 157-166.
- [4] DING DX, FU H Y, YE Y J, et al. A fractal kinetic model for heap leaching of uranium ore with fractal dimension of varied particle size distribution [J]. Hydrometallurgy, 2013, 136: 85-92.
- [5] 宋键斌,丁德馨,叶勇军,等.铀矿堆浸分形动力学模型[J].原子能科学技术,2014,48(4):598-603.
SONG Jianbin, DING Dexin, YE Yongjun, et al. Fractal kinetic model for heap leaching of uranium ore [J]. Atomic Energy Science and Technology, 2014, 48(4): 598-603.
- [6] 曾毅君,李建华,李铁球,等.中国含泥铀矿酸法堆浸制粒技术的应用[J].铀矿冶,2002,21(4):182-186.
ZENG Yijun, LI Jianhua, LI Tieqiu, et al. Technical application of agglomerated acidic heap leaching of clay bearing uranium ore in China [J]. Uranium Mining and Metallurgy, 2002, 21(4): 182-186.
- [7] 王雷鸣.制粒矿堆持液行为及其浸出过程强化机制研究[D].北京:北京科技大学,2021:32-46.
- [8] 徐楷,李光来,王仁波,等.纳米比亚湖山铀矿载铀矿物研究[J].地质论评,2023,69(S1):209-212.
XU Kai, LI Guanglai, WANG Renbo, et al. Study on uranium minerals in Husab uranium deposit, Namibia [J]. Geological Review, 2023, 69(S1): 209-212.
- [9] 黄冉笑,袁国礼,王果胜,等.纳米比亚湖山铀矿床中黑云母伟晶岩型矿石特征及铀矿化机制[J].岩石学报,2021,37(5):1587-1610.
HUANG Ranxiao, YUAN Guoli, WANG Guosheng, et al. Characteristics of biotite-pegmatitic ore and metallogenic mechanism of uranium in the Husab uranium deposit, Namibia [J]. Acta Petrologica Sinica, 2021, 37(5): 1587-1610.
- [10] 母海琳.纳米比亚某铀矿低品位矿石拌酸熟化浸出试验研究[D].南昌:东华理工大学,2022:25-36.
- [11] 扶海鹰,丁德馨,叶勇军,等.铀矿浸出试验柱不同高度上铀金属浸出的规律[J].中南大学学报(自然科学版),2014,45(6):1766-1771.
FU Haiying, DING Dexin, YE Yongjun, et al. Regularities for uranium leaching rate at different heights of column for leaching uranium from uranium ore [J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2014, 45(6): 1766-1771.
- [12] 刘玉龙,扶海鹰,叶勇军,等.铀矿堆浸对流-弥散-反应耦合动力学模型[J].中国有色金属学报,2022,32(4):1142-1151.
LIU Yulong, FU Haiying, YE Yongjun, et al. Convection-diffusion-reaction coupling dynamic model for uranium ore heap leaching [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2022, 32(4): 1142-1151.
- [13] 刘玉龙,扶海鹰,胡南,等.强风化强氧化型砂岩铀矿组合浸出工艺及浸出动力学模型[J].中南大学学报(自然科学版),2021,52(11):3783-3791.
LIU Yulong, FU Haiying, HU Nan, et al. Combined leaching process for strongly weathered and oxidized sandstone uranium ore and its kinetic model [J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2021, 52(11): 3783-3791.
- [14] 黄永,刘会武,师留印,等.某铀矿石酸法浸出工艺条件试验研究[J].铀矿冶,2018,37(2):88-92.
HUANG Yong, LIU Huiwu, SHI Liuyin, et al. Technology conditional experiment study on acid leaching process for a uranium ore [J]. Uranium Mining and Metallurgy, 2018, 37(2): 88-92.

Column Leaching Experimental Study on Acid-agglomerated of a Low-grade Uranium Ore in Namibia

LIU Yang¹, ZHANG Jiewei¹, TANG Wensheng¹, HU Nan², ZHANG Hui², DING Dexin²

(1. China General Nuclear Power Group (CGN) Uranium Resources Co., Ltd., Beijing 100029, China;

2. Key Discipline Laboratory for National Defense for Biotechnology in Uranium Mining and Hydrometallurgy,
University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: This study investigated parameter optimization for heap leaching of a low-grade uranium ore from Namibia deposit through systematic column leaching experiments. Mineralogical composition analysis shows that the uranium ore contains a high proportion of high acid consuming gangue minerals, with tetravalent uranium accounting for 68%. The main uranium minerals are easily leached uraninite and coffinite. The uranium is enriched of in the fine-grained portion. After crushing to -8 mm , the mass fraction of fine-grained uranium at -0.425 mm reaches 15.09%, and its uranium grade is as high as 0.032%, which leads to the deterioration of direct heap leaching permeability and requires acid-agglomeration pretreatment. Column leaching experiments established the optimal parameter combination: irrigation rate of $20\text{ L}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$, heap height of 9 m, acid dosage for pre-agglomeration of 20 kg/t , binder dosage of 125 g/t , and initial leachate acidity of $100\text{ g/L H}_2\text{SO}_4$. Under optimized conditions, the irrigation duration is shortened to 55 d, and the uranium extraction rate is increased to 80%. This study has demonstrative significance for the development of similar low-grade, high acid consumption, high fine-grained, and high tetravalent uranium resources.

Key words: low-grade uranium ore; acid mixing and granulation; column leaching; heap leaching