

# 黄金矿山活性炭性能对比及应用潜力研究

白瑞华<sup>1</sup> 赵金生<sup>2</sup> 杨宾<sup>2</sup> 徐超<sup>1\*</sup> 蔡明明<sup>1</sup> 卢中博<sup>1</sup> 秦香伟<sup>1</sup>

1 山东黄金矿业科技有限公司选冶实验室分公司

2 黑河洛克矿业开发有限责任公司

DOI:10.32629/gmsm.v9i1.2393

**[摘要]** 为筛选适配某矿山金银提取工艺的最优活性炭,本研究对该矿山提供的6种活性炭样品开展系统性能测试,通过粒级分析、灰分、水分等7项指标,全面评价其结构特性与应用性能。结果表明:进口炭综合性能最优,48 h载金量9320g/t、载银量24400g/t,吸附速率最快,且总孔体积(0.3332 ml/g)和平均孔径(69.34nm)优势显著,利于金银离子扩散吸附。本研究为该矿山活性炭选型及生产工艺优化提供了科学依据。

**[关键词]** 活性炭; 性能测试; 金银提取; 矿山应用

中图分类号: TQ424.1 文献标识码: A

## Study on Performance Comparison and Application Potential of Activated Carbon for Gold Mining

Ruihua Bai<sup>1</sup> Jinsheng Zhao<sup>2</sup> Bin Yang<sup>2</sup> Chao Xu<sup>1\*</sup> Mingming Cai<sup>1</sup> Zhongbo Lu<sup>1</sup> Xiangwei Qin<sup>1</sup>

1 Shandong Gold Mining Technology Co., Ltd. Mineral Processing and Metallurgy Laboratory Branch

2 Heihe Luoke Mining Development Co., Ltd.

**[Abstract]** To screen the optimal activated carbon suitable for the gold and silver extraction process of a certain mine, this study conducted systematic performance tests on 6 activated carbon samples provided by the mine. Seven indicators including particle size analysis, ash content, and moisture content were used to comprehensively evaluate their structural characteristics and application performance. The results showed that the imported activated carbon had the best comprehensive performance: its gold loading capacity reached 9320 g/t and silver loading capacity reached 24400 g/t within 48 hours, with the fastest adsorption rate. Additionally, it had significant advantages in total pore volume (0.3332 ml/g) and average pore diameter (69.34 nm), which are conducive to the diffusion and adsorption of gold and silver ions. This study provides a scientific basis for the selection of activated carbon and the optimization of production processes in the mine.

**[Key words]** Activated carbon; Performance test; Gold and silver extraction; Mine application

### 引言

在黄金矿山的氰化提金工艺中,活性炭因具备优异的吸附性能,被广泛用于贵液中金、银的回收<sup>[1-4]</sup>,其性能优劣直接影响金银回收率、生产成本及生产效率。活性炭的吸附能力、机械强度、化学稳定性等关键性能受原料材质、制备工艺、再生处理等多种因素影响,不同类型活性炭在孔隙结构、粒度分布、纯度等方面存在显著差异,导致其在矿山实际应用中的适配性各不相同<sup>[5-7]</sup>。

为优化某矿山的金银提取工艺,提升生产指标,拟筛选高性能活性炭并优化现有炭再生工艺。为此,针对6种候选活性炭样品开展全面性能测试。本研究通过系统测定粒级分布、灰分、水分、表观密度、孔隙率、磨耗率及吸附容量等核心指标,建立活

性炭性能评价体系,明确不同活性炭的优势与短板,为该矿山活性炭选型、工艺参数优化及再生工艺改进提供技术支撑,对提升矿山生产效益具有重要现实意义。

### 1 实验部分

#### 1.1 实验样品

试验所用6种活性炭样品均由某矿山提供(现场新炭、河北炭、海南炭、现场再生炭、现场未再生炭、进口炭)。现场新炭、河北炭、海南炭、现场再生炭和现场未再生炭均为破碎状,进口炭为粒度较粗的柱状活性炭。

#### 1.2 实验仪器与材料

振筛机、强度试验机、标准筛、100mL量筒、电子秤、干燥箱、高温电炉、球磨机、浸出搅拌机、锥形瓶、水桶、洗耳球、

30mL瓷坩埚等。试验所用矿石及贵液均来自某矿山（贵液：金含量4.68mg/L，银含量30.70mg/L）。

1.3实验方法

本研究依据中华人民共和国国家标准（GB/T12496.1-1999至GB/T12496.6-1999）和黄金行业标准（YS/T3038—2020）开展各项机械性能测试。

吸附性能测试：将预处理后的活性炭按0.25g/L炭密度加入4L贵液中，在400r/min转速下连续吸附48h，定期取样检测贵液中金银含量，计算载金量、载银量及吸附速率。

2 结果与分析

2.1粒级分析结果

6种活性炭的粒级分布及P80粒径存在显著差异，具体结果见表1及各样品粒级关系图。由表可知，P80粒级排序为：河北炭（3.7mm）>现场新炭（3.6mm）>现场未再生炭（3.1mm）>现场再生炭（2.8mm）=海南炭（2.8mm）>进口炭（1.95mm），通常较小的P80粒级利于形成更大比表面积，但吸附性能还受孔径、孔隙率等多重因素影响。

表1 活性炭灰、水分含量测定结果

样品名称	河北炭	海南炭	进口炭	现场新炭	现场再生炭	现场未再生炭
P80(mm)	3.70	2.80	1.95	3.60	2.80	3.10

2.2灰分与水分分析

灰分和水分是影响活性炭纯度及吸附性能的重要指标，测试结果见表2。灰分含量大小为：现场新炭（8.83%）>现场未再生炭（7.60%）>现场再生炭（6.24%）>进口炭（4.93%）>河北炭（3.57%）>海南炭（1.90%）。海南炭灰分最低，纯度最高，与其椰子壳原料杂质含量低的特性相符；现场新炭灰分最高，纯度最低。

表2 活性炭灰、水分含量测定结果

样品名称	河北炭	海南炭	进口炭	现场新炭	现场再生炭	现场未再生炭
水分(%)	3.25	2.65	2.45	2.89	3.12	3.00
灰分(%)	3.57	1.90	4.93	8.83	6.24	7.60

水分含量大小为：河北炭（3.25%）>现场再生炭（3.12%）>现场未再生炭（3.00%）>现场新炭（2.89%）>海南炭（2.65%）>进口炭（2.45%）。进口炭水分最低，孔隙被水分占据的比例最小，有效吸附空间充足；河北炭水分最高，孔隙占用率较高，会导致其吸附效率降低。

2.3表观密度与孔隙率分析

表观密度与孔隙率呈负相关，直接影响活性炭的吸附性能，测试结果见表3。活性炭表观密度大小为：现场再生炭（0.74g/mL）>现场未再生炭（0.73g/mL）>海南炭（0.55g/mL）>现场新炭（0.54g/mL）>进口炭（0.50g/mL）>河北炭（0.49g/mL）。现场再生炭和现场未再生炭表观密度显著高于其他样品，说明其颗粒结构更致密，这是由于其在使用过程中吸附了矿浆中的钙镁盐

等无机杂质，导致孔隙率相对较低，与孔隙率测试结果一致。

孔隙率大小为：河北炭（28.23%）>进口炭（27.09%）>现场新炭（25.53%）>现场未再生炭（23.21%）>现场再生炭（22.15%）>海南炭（21.57%）。进口炭总孔体积最大（0.3332ml/g），且平均孔径远超其他样品（69.34nm），大孔径结构更利于金银离子快速扩散和吸附；河北炭孔隙率最高但平均孔径较小（26.24nm），总孔体积中等；海南炭孔隙率最低、总孔体积最小（0.2169ml/g）、平均孔径最小（21.01nm），孔隙结构致密狭窄，限制吸附过程。

表3 6种活性炭表观密度与孔隙结构参数

样品名称	表观密度(g/mL)	孔隙率(%)	总孔体积(ml/g)	平均孔径(nm)
河北炭	0.49	28.23	0.3262	26.24
海南炭	0.55	21.57	0.2169	21.01
进口炭	0.50	27.09	0.3332	69.34
现场新炭	0.54	25.53	0.2701	26.67
现场再生炭	0.74	22.15	0.2240	21.94
现场未再生炭	0.73	23.21	0.2280	21.79

2.4磨耗率测试

磨耗率反映活性炭机械强度，耐酸碱能力体现其在复杂矿浆环境中的稳定性，测试结果见表4。磨耗率排序为：河北炭（6.87%）>进口炭（5.62%）>现场新炭（4.62%）>海南炭（1.62%）>现场再生炭（0.87%）>现场未再生炭（0.12%）。现场未再生炭、现场再生炭、海南炭磨耗率≤1.62%，机械强度优异，其中现场未再生炭和再生炭的高稳定性源于生产现场的炭湿磨工艺；河北炭、进口炭、现场新炭磨耗率≥4.62%，机械强度较弱。

表4 活性炭灰、水分含量测定结果

样品名称	河北炭	海南炭	进口炭	现场新炭	现场再生炭	现场未再生炭
磨损(%)	6.87	1.62	5.62	4.62	0.87	0.12

2.5吸附性能分析

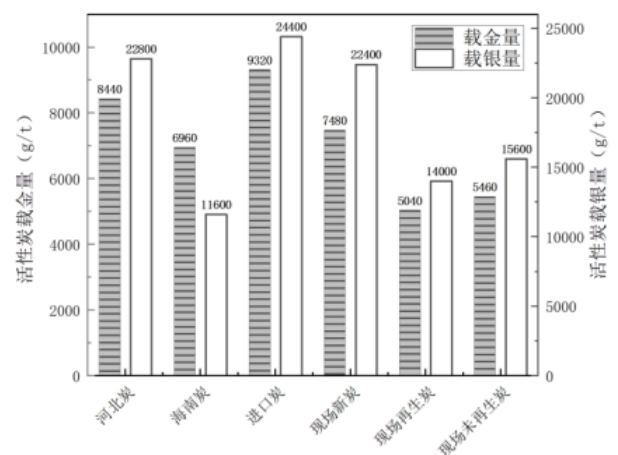


图1 不同活性炭的载金、银量(48h)

48h吸附试验中,不同活性炭的载金量和载银量见图1。载金量大小为:进口炭(9320g/t) > 河北炭(8440g/t) > 现场新炭(7480g/t) > 海南炭(6960g/t) > 现场未再生炭(5460g/t) > 现场再生炭(5040g/t);载银量大小为:进口炭(24400g/t) > 河北炭(22800g/t) > 现场新炭(22400g/t) > 现场未再生炭(15600g/t) > 现场再生炭(14000g/t) > 海南炭(11600g/t)。

进口炭吸附容量最优,载金量比现场新炭提升24.6%,载银量提高8.9%;海南炭对银的吸附容量最小,现场再生炭对金的吸附容量最小,载金量比现场新炭低32.6%,载银量低37.5%。

### 3 总结

(1)6种活性炭的结构特性差异显著:进口炭总孔体积最大(0.3332ml/g)、平均孔径最大(69.34nm);河北炭孔隙率最高(28.23%)但孔径偏小;现场新炭结构均衡,无明显短板;海南炭孔隙结构致密,总孔体积和平均孔径最小;现场再生炭和未再生炭颗粒结构致密,孔隙率较低。

(2)机械强度方面:现场未再生炭磨耗率最低(0.12%),机械强度最优;海南炭次之(1.62%);河北炭磨耗率最高(6.87%),机械强度最差。

(3)吸附性能方面:进口炭综合吸附性能最优,48h载金量9320g/t、载银量24400g/t,吸附速率最快;河北炭吸附容量次之,速率中等;现场新炭吸附性能中等,耐酸碱稳定性最优;海南炭机械强度和纯度优异,但吸附性能最差。

(4)综合7项性能指标评价,进口炭是适配该矿山金银提取工艺的最优活性炭,其吸附性能顶尖,结构特性适配性强,无明

显性能短板。

### [参考文献]

[1]吕恩成,李阳,朱永赛.炭浆法提金工艺中影响活性炭吸附因素的研究[J].冶金与材料,2025,45(04):28-30.

[2]Yunshu J, Yunlong C, Futing Z, et al. Making untreated carbon effective in cleaner thiosulfate system: A new and high-efficiency method including gold adsorption and desorption [J]. Journal of Cleaner Production, 2022, 334.

[3]杨德明,申宁,王倩.火焰原子吸收光谱法测定低品位金矿石中金[J].黄金,2023,44(06):98-101.

[4]李齐.超声波强化氰化浸出和活性炭吸附金的基础研究[D].东北大学,2023.

[5]蒋云舒.氨基硫脲提升活性炭吸附硫代硫酸盐浸金体系中金性能研究[D].昆明理工大学,2022.

[6]王文,宋翔宇,张振,等.提金活性炭吸附材料的制备与研究现状[J].黄金,2022,43(01):83-90.

[7]Chen K, Chen B, Zeng Y, et al. Effect of metal loadings on NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> adsorption by activated carbon investigated by density functional theory. [J]. Physical chemistry chemical physics: PCCP, 2025, DOI: 10.1039/D5CP02974K.

### 作者简介:

白瑞华(1997--),男,汉族,山东枣庄人,硕士研究生,环境工程专业。